



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE: GUAYAQUIL**  
**CARRERA DE: MECATRÓNICA**

**DESARROLLO DE UN CENTRO DE ACOPIO AUTOMATIZADO  
PARA BOTELLAS PET ALIMENTADO POR ENERGÍA  
FOTOVOLTAICA**

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

**AUTORES:** Cristhian Javier Calderón Vélez  
Juan Sebastian Tabares Rosero  
**TUTOR:** Ing. David Mateo Cortez Saravia Msc.

Guayaquil-Ecuador  
2022

  
ING. DAVID M. CORTES S.


I. CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Cristhian Javier Calderón Vélez** con documento de identificación N° **1315639730** y **Juan Sebastian Tabares Rosero** con documento de identificación N° **0957526650**; 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.

Guayaquil, 19 de septiembre del año 2022

Atentamente,



---

Cristhian Javier Calderón Vélez  
1315639730



---

Juan Sebastian Tabares Rosero  
0957526650

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

Nosotros, **Cristhian Javier Calderón Vélez** con documento de identificación N° **1315639730** y **Juan Sebastian Tabares Rosero** con documento de identificación N° **0957526650**, 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 autores del **DESARROLLO DE UN CENTRO DE ACOPIO AUTOMATIZADO PARA BOTELLAS PET ALIMENTADO POR ENERGÍA FOTOVOLTAICA**, 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 a final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Guayaquil, 19 de Septiembre del año 2022

Atentamente,



---

Cristhian Javier Calderón Vélez  
1315639730



---

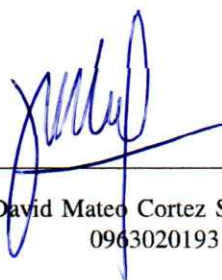
Juan Sebastian Tabares Rosero  
0957526650

### III. CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **David Mateo Cortez Saravia**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana , declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DESARROLLO DE UN CENTRO DE ACOPIO AUTOMATIZADO PARA BOTELLAS PET ALIMENTADO POR ENERGÍA FOTOVOLTAICA**, realizado por **Cristhian Javier Calderón Vélez** con documento de identificación N° **1315639730** y por **Juan Sebastian Tabares Rosero** con documento de identificación N° **0957526650**, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Dispositivo Tecnológico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 19 de Septiembre del año 2022

Atentamente,



---

Ing. David Mateo Cortez Saravia, M.Sc.  
0963020193

## IV. DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

### *IV-A. Dedicatoria*

Quiero dedicar esta tesis a mis padres, por su apoyo continuo a lo largo de la carrera, por tener la visión y la determinación de apoyarme en este trayecto estudiantil. Sobre todo, por inculcarme la responsabilidad y el sacrificio de obtener las cosas con esfuerzo.

#### **Cristhian**

Dedico este trabajo a la luz que puso Dios a mi vida, a mamá, Adriana. Aunque ya no estas junto a mí físicamente, tu recuerdo siempre me acompaña, te pertenece también este logro, eres mi ejemplo, fuiste mi referencia de fortaleza y mi continua inspiración.

#### **Sebastian**

### *IV-B. Agradecimiento*

Quiero Agradecer primero a Dios que ha estado siempre en cada decisión que he tomado. Agradecer también a mis padres Cristóbal y Briseida por el esfuerzo que han hecho por mí a lo largo de mi vida en especial quiero agradecer a mi madre porque me formó con su ejemplo. No como un martillo cuando golpea un clavo, sino como el suave golpeteo que da a el cincel para esculpir sin dañar sino mas bien perfeccionar y ceñir el camino. Agradezco también a todas las personas que han estado allí a lo largo del camino, a mi familia, a mis hermanos Cristopher y Dustin, a Orlin y Gina, a Diego, a Gustavo y a todas las personas que han sido parte importante a lo largo de esta travesía.

#### **Cristhian**

Gracias Dios, él siempre ha sido fiel y la fuente de mi sabiduría, agradezco a mama y mi familia, Gerardo, Santiago, Lina, William, Francisco y Angelica; son nombre que deben quedar sin duda escritos en el trabajo que resume, que una persona puede levantarse después de una fuerte caída. Gracias a mis hermanos, los de sangre y los que son más que eso, los Torres y Taravay, que en los tiempos más difíciles fueron compañía y soporte. Sin duda un especial agradecimiento a nuestro tutor y mentor en este proceso, el Ing. David Cortez, quien pacientemente nos ha apoyado no solo ahora, sino en distintas ocasiones en este proceso formativo a los largos de los años.

#### **Sebastian**

## V. RESUMEN

Este proyecto de titulación plantea el desarrollo de un centro de acopio automatizado para botellas PET alimentado por energía fotovoltaica; el cual busca reducir el impacto ambiental en actividades importantes como lo son el reciclaje y la generación de energía eléctrica.

Integrando nuevas tecnologías es posible contribuir en las diferentes etapas de estos procesos. Esta tesis busca aportar en el reciclaje de botellas plásticas PET, específicamente en el área de la recolección y clasificación de estas, generando alternativas innovadoras de la mano de distintas disciplinas ingenieriles como: visión artificial, energía fotovoltaica, sistemas embebidos, base de datos, interfaz de usuarios y demás sistemas mecatrónicos.

Se plantean mejoras interactivas con el usuario, que sean atractivas para la población en general mediante un sistema de recompensas basado en puntos para posibles empresas afiliadas.

**Palabras clave:** *Reciclaje, energía fotovoltaica, visión artificial, base de datos.*

## VI. ABSTRACT

This project proposes the development of an automated collection center for PET bottles powered by photovoltaic energy; which aims to generate a contribution to the reduction of the impact on important activities such as recycling and the generation of environmental electrical energy.

Integrating new technologies it is possible to contribute in the different stages of these processes. This project aims to contribute to the recycling of PET plastic bottles, specifically in the area of collection and classification of these, discovering innovative alternatives based on different engineering disciplines such as: artificial vision, photovoltaic energy, embedded systems, database, interface of users and other mechatronic systems.

Interactive improvements with the user are proposed, which are attractive to the general population through a reward system based on points for possible affiliated companies.

**Keywords:** *Recycling, photovoltaic energy, artificial vision, database.*

## ÍNDICE

<b>I.</b>	<b>Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación</b>	1
<b>II.</b>	<b>Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación a la Universidad Politécnica Salesiana</b>	2
<b>III.</b>	<b>Certificado de Dirección del trabajo de titulación</b>	3
<b>IV.</b>	<b>Dedicatoria y agradecimiento</b>	4
	IV-A. Dedicatoria . . . . .	4
	IV-B. Agradecimiento . . . . .	4
<b>V.</b>	<b>Resumen</b>	5
<b>VI.</b>	<b>Abstract</b>	5
<b>VII.</b>	<b>Introducción</b>	8
<b>VIII.</b>	<b>Investigaciones anteriores</b>	8
<b>IX.</b>	<b>Problema de estudio</b>	8
<b>X.</b>	<b>Objetivos</b>	9
	X-A. Objetivo General . . . . .	9
	X-B. Objetivos Específicos . . . . .	9
<b>XI.</b>	<b>Justificación</b>	10
<b>XII.</b>	<b>Marco Teórico</b>	11
	XII-A. Plásticos e implicaciones . . . . .	11
	XII-B. Botellas PET . . . . .	11
	XII-C. Bandas . . . . .	11
	XII-D. Chumaceras . . . . .	12
	XII-E. Raspberry . . . . .	12
	XII-F. Arduino Mega . . . . .	12
	XII-G. LCD . . . . .	13
	XII-H. Modulo L298n . . . . .	13
	XII-I. Relé . . . . .	14
	XII-J. Motores NEMA 17 . . . . .	14
	XII-K. Sensores . . . . .	15
	XII-L. Energía Eléctrica . . . . .	15
	XII-M. Energía Fotovoltaica . . . . .	16
	XII-N. Sistemas fotovoltaicos aislados . . . . .	16
	XII-Ñ. Paneles solares . . . . .	17
	XII-O. Controladores solares y acumuladores . . . . .	17
	XII-P. Python . . . . .	18
	XII-Q. Tkinter . . . . .	18
	XII-R. Interfaz de usuario . . . . .	19
	XII-S. Base de datos y MySQL . . . . .	19
	XII-T. Visión artificial . . . . .	19
	XII-U. OpenCV . . . . .	20
<b>XIII.</b>	<b>Marco metodológico</b>	21
	XIII-A. Herramienta computacional para diseño mecánico . . . . .	21
	XIII-B. Diseño mecánico del prototipo . . . . .	21
	XIII-B1. Diseño Estructural . . . . .	21
	XIII-B2. Análisis Estático . . . . .	22
	XIII-B3. Análisis de vibraciones . . . . .	24

XIII-C.	Diseño de mecanismo . . . . .	25
XIII-D.	Cálculo de banda . . . . .	28
XIII-E.	Diseño de conexiones . . . . .	30
XIII-F.	Sistema fotovoltaico . . . . .	31
	XIII-F1. Demanda energética . . . . .	31
	XIII-F2. Dimensionamiento de sistema fotovoltaico . . . . .	32
	XIII-F3. Dimensionamiento del acumulador . . . . .	32
XIII-G.	Visión artificial . . . . .	33
XIII-H.	Diagrama de flujo de centro de acopio . . . . .	37
<b>XIV.</b>	<b>Cronograma</b>	<b>38</b>
<b>XV.</b>	<b>Presupuesto</b>	<b>39</b>
<b>XVI.</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>40</b>
<b>XVII.</b>	<b>Recomendaciones</b>	<b>40</b>
<b>XVIII.</b>	<b>Anexos</b>	<b>42</b>



## VII. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, sea una metrópolis o una zona no urbanizada, la presencia de altos niveles de consumo eléctrico, el cual es parte de la cotidianidad, se ha convertido en una problemática ambiental de carácter urgente y de magnitud global; en su mayoría los aspectos previamente mencionados, abarcan consecuencias negativas, debido a la dificultad en la generación eléctrica, su baja calidad y la amplia gama de recursos no renovables que deben ser empleados para conseguir la misma.

Los plásticos, dada su composición, teniendo al petróleo como referencia a la derivación de su origen (y por tanto una materia prima agotable), son un residuo que representa un valor muy alto, relativamente fácil de recuperar y en abundancia, casi a la par del vidrio o más, sea en los residuos domésticos o en los residuos industriales.

Estos no han sido objeto de una recolección selectiva y prácticamente, en su mayoría, el producto recuperado procede de las plantas de tratamiento de residuos domésticos. En totalidad, la cantidad recuperada del plástico utilizado en diferentes sectores es baja. El comportamiento e impacto negativo de los plásticos, se basa actualmente en modelos que, en esencia son no-conservativos.

El crecimiento de la comunidad científica y de la tecnología misma ha abierto grandes puertas para la innovación en distintas áreas, de las cuales la visión artificial es una, detectar objetos a través de tratamientos de imágenes forma parte de las muchas formas del crecimiento tecnológico, a través de algoritmos, el estudio píxeles de imágenes y otras herramientas informáticas; es posible traducir dicha información en datos que representan características reales y propias de variados elementos, esto es un precedente del desarrollo, logrando así generar medios de detección y reconocimiento de objetos. Es importante aprovechar recursos de inmenso potencial no solo como los computacionales, sino también los naturales, tal como la luz solar, aprovechar este recurso como un motor de generación eléctrica, energía que luego puede ser suministrada para otros proyectos de interés ambiental es clave, esto traza caminos de tecnologías cada vez más y más amigables con el ecosistema en general.

## VIII. INVESTIGACIONES ANTERIORES

Claramente, en Ecuador todavía hay una notable falta de motivación sobre el reciclaje; Sin embargo, se han presentado avances. En 2011, Ecuador obtuvo el 30 % de la recolección de botellas de plástico, también en 2012, gracias a un Programa Nacional de Residuos Sólidos, esta cifra pudo aumentar considerablemente al 80 %.

Las máquinas recicladoras, junto al desarrollo teórico del tema, y el inicio de implementaciones tecnológicas tales como: “Máquinas Procesadoras de Plástico” de Tritubot (empresa ecuatoriana dedicada a recolección y reciclaje de desechos sólidos y botellas PET en su país), han aportado al crecimiento del reciclaje, como también a una mejor gestión de los desechos sólidos y de materiales PET o de distintos polímeros; implementaciones e ideas que comienzan a dar un mayor protagonismo e importancia al reciclaje. [10]

Con una reducción del impacto ambiental, al reciclar el material plástico de las botellas, además de aportar al medio ambiente, esto puede fomentar una cultura de reciclaje y emprendimiento a las futuras generaciones. Este es un campo que se desarrolla progresivamente a través de ideas innovadoras, nuevas tecnologías, técnicas y otras estrategias aplicadas para mejorar la calidad de vida en general, tanto de la comunidad, como de la naturaleza.

## IX. PROBLEMA DE ESTUDIO

La manera en que consumimos nuestros productos en la actualidad, principalmente aquellos que son líquidos, ha venido cambiando a través del tiempo. Los envases usados para almacenar y distribuir líquidos en primeras instancias eran de cristal.

En 1941 un material novedoso fue inventado y patentado, sus siglas: PET cuyo significado en inglés es Polietilen tereftalato, comenzó a ser utilizado en gran masa, dejando de lado así el papel protagónico que poseía el cristal en diferentes industrias. Este material se adaptaba a la era del consumismo, era flexible, más barato y liviano, comenzó a presentar muchas ventajas para transportar distintos tipos de productos, las bebidas y distintos líquidos predominaron como un claro ejemplo consiguiendo así, arraigarse en nuestra sociedad.[15]

Con el tiempo, el alto consumo de bebidas embotelladas volvió a estos contenedores plásticos un problema que crece y crece cada vez más; afecta a las calles, playas, rellenos sanitarios, tiraderos, alcantarillados e incluso la naturaleza misma, también a ambientes externos a las grandes urbes.

La falta de responsabilidad social y la poca conciencia ciudadana llevaron hacia un excesivo consumo de este material y no suficiente esto se generó una mala gestión de desechos y reciclaje, es así como lo que parecía una ventaja respecto al uso de este material, comenzó a tornarse un daño a instancias incluso irreparables.

“Hay tantos residuos de plástico en el mundo que podrían cubrir un país como Argentina”. El 20 de Julio de 2017 la redacción de BBC mundo nos ilustra del grande impacto que esta problemática causa a nivel mundial en uno de sus encabezados, es impresionante ver cómo el plástico es tan útil como dañino en la última década no ha sido posible reciclar y tratar bien estos desechos ni siquiera en la mitad de su producción y su principal presentación como medio contaminante es en botellas. [9]

Así como el plástico la energía eléctrica es una de las demandas más importantes de las sociedades modernas. Su valor se disparó hasta convertirse en una necesidad indispensable.

Uno de los enfoques más tradicionales para la generación de energía eléctrica es el de usar como base el petróleo y sus derivados. También encontramos el uso de gases, el cual puede presentar complicaciones en aspectos como la salubridad por fugas de estos combustibles, el carbón es otra forma de generación eléctrica, quizás la principal fuente de energía ligada a la industrialización.

Estos enfoques tradicionales producen diversos tipos de contaminación, como el ruido y la contaminación del aire, que afecta a la salud humana. Además, la electricidad tradicional y los generadores de energía a base de petróleo y sus derivados son agotables a largo plazo, aunque útiles e importantes, incidir y depender únicamente de estos recursos muchas veces limitados, retrasan e impactan negativamente el progreso en procesos de generación eléctrica que desencadene cada vez menos impactos negativos en la naturaleza.

El notable daño ambiental ha generado en la población global un sentido de alerta: Es importante tratar con los desechos, no es algo que se debe ignorar. En este afán de redimir el descuido colectivo, han surgido maravillosas propuestas de reciclaje, clasificación y conciencia popular, tales como: centros de acopio, colores representativos de desechos y campañas de conciencia social, pero las alternativas comunes, repetitivas y poco innovadoras han apaciguado la urgencia latente de hacer algo por el planeta.

Atacar la problemática de desechos y de generación eléctrica es posible, pero tratar de hacerlo de manera simplista, representa una barrera a la mitigación de los daños que sufre el medio ambiente, la falta de desarrollo de soluciones tecnológicas e integrales frena lo que podría ser un abanico de oportunidades en donde todos puedan aportar al cuidado de los ecosistemas.

## X. OBJETIVOS

### X-A. *Objetivo General*

Desarrollar una máquina automatizada que permita el acopio de botellas mediante sistemas embebidos alimentada por energía fotovoltaica para la reducción del impacto ambiental.

### X-B. *Objetivos Específicos*

- Determinar condiciones de consumo eléctrico típico de sistemas de acopio automatizados ya existentes en el mercado para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.
- Diseñar el centro de acopio automatizado mediante sistemas embebidos y alimentación fotovoltaica.
- Implementar el sistema diseñado para la validación de su funcionalidad.

## XI. JUSTIFICACIÓN

La generación de energía eléctrica representa un gran impacto ambiental en el planeta por el uso de combustibles fósiles, carbón o incluso el impacto ambiental por la construcción de represas hidroeléctricas. A su vez el reciclaje juega un papel importante en la conservación y protección del ecosistema, por lo tanto, es fundamental la apropiada ejecución de programas educativos sobre el reciclaje y además la puesta en práctica de acciones concretas en pro de éste, porque el correcto uso de los recursos naturales de un país depende en gran parte, de su nivel de educación ecológica.

El proceso de reciclar más que una actividad cualquiera debe convertirse en un hábito, una cultura de la sociedad donde las personas no solo conozcan el concepto de reciclar, sino que llevan a la práctica este proceso.

La contaminación del medio ambiente, de zonas rurales o urbanas es grave. Esta contaminación se origina mayormente en las zonas urbanizadas, por lo que se debe poner énfasis en aquellos. Es por esto por lo que se optó por usar la tecnología para aportar a la solución de este problema, se desarrolló un centro de acopio, una máquina inteligente que aporte al reciclaje, esto a través de aplicar la visión artificial para el reconocimiento de objetos y distintos mecanismos para su segmentación de entre otros elementos.

Con esta investigación aseguraremos una mejor recolección de desechos, específicamente de botellas de plástico PET, a su vez un correcto manejo logístico del mismo, para después dar continuidad al ciclo del reciclaje y todo esto usando energía fotovoltaica.

## XII. MARCO TEÓRICO

### XII-A. Plásticos e implicaciones

Los plásticos, dada su composición, teniendo al petróleo como referencia a la derivación de su origen y por tanto una materia prima agotable), son un residuo que representa un valor muy alto, relativamente fácil de recuperar y en abundancia (casi a la par del vidrio o más, sea en los residuos domésticos o en los residuos industriales).

Estos no han sido objeto de una recolección selectiva y prácticamente, en su mayoría, el producto recuperado procede de las plantas de tratamiento de residuos domésticos. En totalidad, la cantidad recuperada del plástico utilizado en diferentes sectores es baja. El comportamiento e impacto negativo de los plásticos, se basa actualmente en modelos que, en esencia son no-conservativos.

En Ecuador, es realmente bajo el porcentaje de contenedores plásticos que llegan a formar parte de procesos de reciclaje, a comparación con la cantidad que se desecha; una muestra tomada en Guayaquil, la cual es una de las ciudades principales del país, presenta un resultado de un 9% de material plástico reciclado, el resto pasa a ser parte de los desechos que no son correctamente procesados.[10]

### XII-B. Botellas PET

Las botellas PET son un tipo de envase altamente utilizado en la comercialización de distintos productos líquidos, es altamente ventajoso dado a su costo bajo y la posibilidad de ser moldeado a distintas formas, por lo general son transparentes. Una característica singular es que son reciclables y de ser bien gestionado su uso es una buena manera de preservar y cuidar el medio ambiente.



Figura 1. Botellas Pet - Fuente: Pixabay.com

### XII-C. Bandas

Las bandas son elementos mecánicos flexibles, se emplean en diferentes sistemas de transporte y sirven principalmente para transmitir potencia a distancias que pueden ser de difícil alcance. Frecuentemente estos elementos son usados como reemplazos de engranes, ejes, cojinetes y entre otros dispositivos para transmisión de potencia que son muy rígidos. Su implementación tiende a simplificar el diseño de maquinaria y reduce altamente costos. Existen 4 tipos principales: Plana, Redonda, Tipo V y De sincronización. [14]




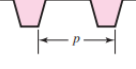
Tipo de banda	Figura	Unión	Intervalo de tamaños	Distancia entre centros
Plana		Sí	$t = \begin{cases} 0.03 \text{ a } 0.20 \text{ pulg} \\ 0.75 \text{ a } 5 \text{ mm} \end{cases}$	No hay límite superior
Redonda		Sí	$d = \frac{1}{8} \text{ a } \frac{3}{4} \text{ pulg}$	No hay límite superior
Tipo V		Ninguna	$b = \begin{cases} 0.31 \text{ a } 0.91 \text{ pulg} \\ 8 \text{ a } 19 \text{ mm} \end{cases}$	Limitada
De sincronización		Ninguna	$p = 2 \text{ mm y mayor}$	Limitada

Figura 2. Características de algunos tipos comunes de bandas (Mecánica de Shigley 8va edición)

#### XII-D. Chumaceras

Las chumaceras son dispositivos mecánicos, estos son fabricados en diferentes materiales, se caracterizan por tener forma de rodamiento montado, el cual hace de soporte para la rotación de un eje; estas pueden ser de diferentes tipos tales como: de brida, de pared o tensora.

#### XII-E. Raspberry

Raspberry Pi es una pequeña placa a modo de ordenador, la cual se basa en el sistema en un chip, este incluye un procesador y una memoria RAM. El sistema nos permite y quiere el adjuntar un modelo Micro SD para almacenamiento y funcionamiento de sistema, tiene sockets para medios de arranque y almacenamiento persistente. Esta placa consta de distintas características que la hacen altamente útil, posee también una GPU (Unidad de Procesador de Gráficos) capaz de reproducir a altas calidades. Esta cuenta por su diseño con una conexión en HDMI (interfaz multimedia de alta definición) y no hay compatibilidad con VGA (matriz de gráficos de vídeo).[7]



Figura 3. Raspberry Pi3

#### XII-F. Arduino Mega

Arduino es un microcontrolador de código abierto. Posee una plataforma de cableado que facilita su uso, diseñada en varios campos. Este hardware posee un Atmel AVR el cual es su procesador además de su propio lenguaje de programación; este es un lenguaje C simplificado apoyado de librerías. El modelo Mega, es una de las placas desarrolladas por Arduino, caracterizado por su tamaño, de allí recibe su nombre "Mega", posee 54 entradas/salidas digitales, 15 de estas pueden ser usadas como salidas PWM, 16 entradas analógicas, conexión USB, jack para alimentación DC, botón de reseteo, entre otras características.

# ARDUINO MEGA PINOUT DIAGRAM

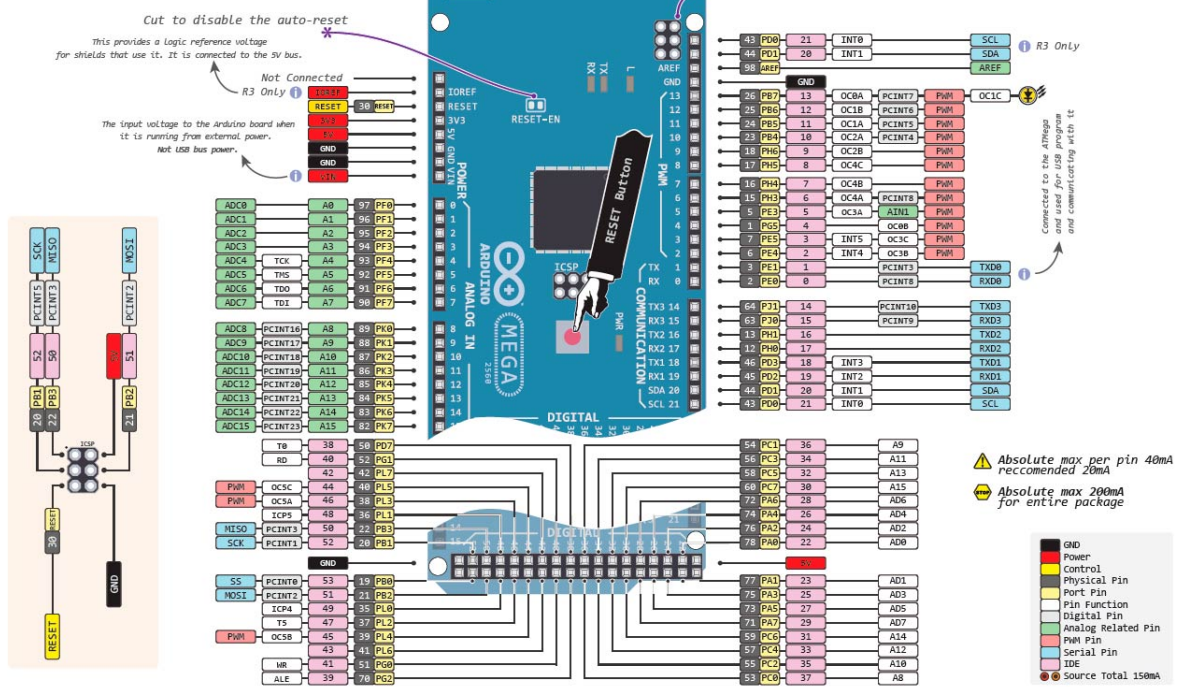


Figura 4. Arduino Mega

## XII-G. LCD

Una pantalla LCD, "Liquid-crystal display" (por sus siglas en inglés) es una pantalla de cristal líquido, se caracteriza por ser delgada, y estar formada por un número de píxeles ya sean en color o también de tipo monocromáticos. Tienden a consumir pocas cantidades de energía eléctrica, lo cual vuelve a este dispositivo muy atractivo para su uso.

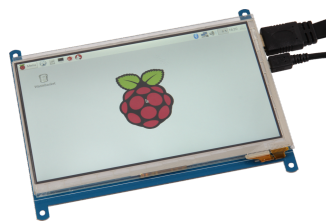


Figura 5. LCD

## XII-H. Módulo L298n

El módulo L298N H-bridge es un controlador que nos permite manipular la velocidad y la dirección de dos motores de corriente, estos deben ser en corriente continua, o también paso a paso, gracias a los 2 los dos puentes H que posee. Este puente es un componente formado por 4 transistores los cuales nos habilitan invertir el sentido de la corriente, logrando así invertir el sentido de giro del motor a nuestra conveniencia.

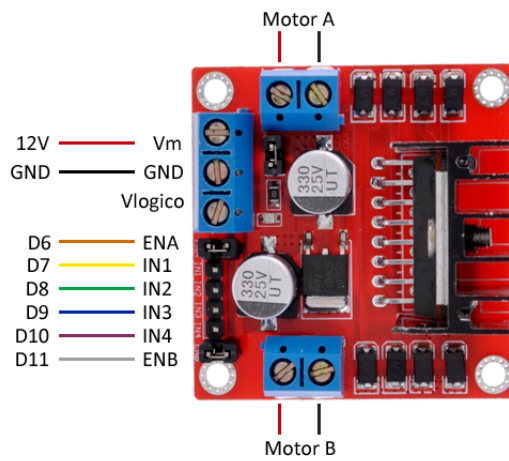


Figura 6. L298n

### XII-I. Relé

El relé es un elemento electromecánico, hace un papel de interruptor, pero este es controlado eléctricamente, esto es posible ya que cuenta con una bobina y también con un electroimán que accionan un contacto o varios dependiendo del modelo, estos pueden ser normalmente abiertos o normalmente cerrados.



Figura 7. Relé

### XII-J. Motores NEMA 17

NEMA 17, es un motor estandarizado por la National Electrical Manufacturers Association, la cual es una organización de desarrollo de estándares acreditada por ANSI, de la cual forman parte expertos de diferentes ramas tales como: empresarios, científicos, técnicos e ingenieros. entre las características principales es que es de tipo bipolar, posee 1,8 grados de ángulo de paso, el cual puede dividirse para cada una de las revoluciones en 200 pasos [12].

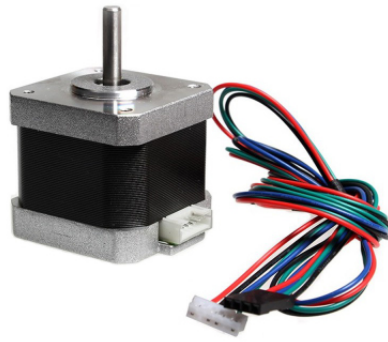


Figura 8. Motor NEMA 17

### XII-K. Sensores

Un sensor es aquel dispositivo que posee la capacidad de detectar distintas magnitudes ya sean físicas o también químicas, estas magnitudes tienden a ser llamadas variables de instrumentación y pasa por un proceso de transformación a señales o variables de tipo eléctrico, ejemplos de variables medibles pueden ser: temperatura, intensidad, distancia, inclinación, fuerza, aceleración, desplazamiento, presión, humedad, torsión, entre otras.

- Sensores infrarrojos: Son aquellos formados por un grupo de foto-diodos, estos foto-diodos son sensibles al espectro de la radiación infrarroja. Durante su funcionamiento el sensor infrarrojo captará la señal luminosa (señal no visible al ojo humano) emitida por el emisor.
- Sensores ultrasónicos: Los sensores ultrasónicos utilizan energía eléctrica y un transductor cerámico para emitir y recibir energía mecánica en forma de ondas sonoras.

### XII-L. Energía Eléctrica

La energía eléctrica es una forma de energía, esta nace a raíz de la diferencia de potencial entre 2 puntos, cuando dichos puntos se ponen en contacto por medio de un conductor eléctrico es posible establecer una corriente. También podemos definirla como el resultado del movimiento de cargas a través de un determinado conductor. La energía eléctrica puede ser generada de distintas formas, se clasifica inicialmente por su forma de generación, hay diferentes tipos, según su forma de generación, hay centrales hidroeléctricas, centrales mareo-motrices, centrales solares, centrales geotérmicas, centrales nucleares, entre otras. [3]



Figura 9. Central hidroeléctrica



## XII-M. Energía Fotovoltaica

Los sistemas fotovoltaicos, son aquellos que dan origen a la energía fotovoltaica y estos no son sino más que un conjunto de componentes o equipos ya sean electrónicos y eléctricos que generan energía eléctrica a partir de la radiación solar. Su principal componente son células capaces de tomar la energía luminosa y transformarla en energía eléctrica en corriente directa "DC" [13].

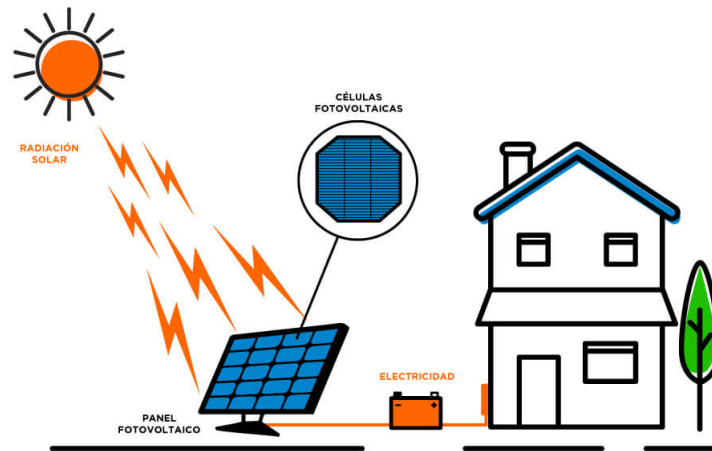


Figura 10. Sistema fotovoltaico referencial

## XII-N. Sistemas fotovoltaicos aislados

Un sistema aislado es un tipo de sistema de generación de energía eléctrica, el cual no se encuentra conectado a la red convencional. Por lo general este requiere almacenar esa energía generada para su consumo y continuo funcionamiento del sistema, los acumuladores comúnmente utilizados son las baterías. Estos sistemas son muy adecuados para implementaciones o lugar que no poseen conexión a alguna red o que en su defecto, no deseen conectarse a una.[2]

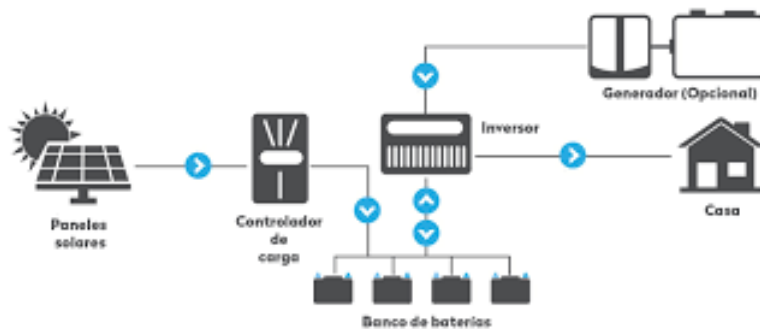


Figura 11. Sistema aislado referencial

## XII-Ñ. Paneles solares

Un panel solar o generador fotovoltaico es dicho elemento encargado de transformar la energía solar en energía eléctrica. Esta se puede generar a través de formar varios módulos fotovoltaicos conectados en serie y/o paralelo, así también cada módulo fotovoltaico está formado por unidades llamadas células fotovoltaicas.



Figura 12. Paneles solares

## XII-O. Controladores solares y acumuladores

Los reguladores de carga, también conocidos como controladores solares, es aquel elemento cuya misión primordial es cargar las baterías de un sistema fotovoltaico autónomo, este debe realizar un proceso óptimo que no simplemente permita la carga, sino también el control del flujo de corriente, evitando una sobrecarga y sobre descarga permitiendo así preservar y maximizar el tiempo de vida útil de los acumuladores usados en el sistema.

Existen dos tipos principales de reguladores solares, los PWM y los MPPT. Los PWM se caracterizan por ser controladores de pulso, su característica principal es que los módulos trabajan a la tensión a la que la batería está cargada, pueden presentarse pérdidas de energía durante la carga, sus ventajas más importantes son el precio y su poco peso. Por otra parte, los MPPT cuyas siglas en inglés significan: Maximum Power Point Tracking. Son aquellos controladores de punto de máxima potencia, poseen un transformador CC-CC, el cual se encarga de convertir la corriente continua de una tensión alta a una de tensión inferior, esto posibilita la carga de la batería. Al obtener en cada momento la máxima potencia, permite limitar las fases de flotación o absorción, esto evita que la batería se sobrecarga o descargue, aumentando el tiempo de vida del acumulador y el rendimiento de la instalación fotovoltaica.

Las baterías o acumuladores fotovoltaicos son sistemas de almacenamiento energético, estos se implementan debido al desplazamiento temporal del sol, el cual limita la operación de las cargas cuando el generador fotovoltaico por sí mismo no puede generar la potencia suficiente para abastecer el consumo del equipo energizado [13].

### Ejemplo de controlador solar



### Bateria



### XII-P. Python

El código abierto o software libre se ha posicionado como uno de los movimientos tecnológicos más importantes del siglo 21. Su crecimiento requiere de un conjunto de herramientas que hicieran su uso óptimo y fácil de aprender. Python es un lenguaje de programación que cumple con este requisito y se está convirtiendo rápidamente en la opción recomendada para el desarrollo de software libre. Es un lenguaje de alto nivel porque contiene estructuras de datos implícitas, como listas, diccionarios, tuplas y tuplas, lo que permite realizar algunas tareas complejas en unas pocas líneas de código y de forma legible. [1]



Figura 13. Python

### XII-Q. Tkinter

Tkinter o también conocido como la “interfaz Tk”, es la interfaz estándar y nativa de Python. Es una capa orientada a objetos basada en Tcl (sencillo y versátil lenguaje de programación open-source) y Tk (la herramienta GUI estándar para Tcl). [5]



Figura 14. Tkinter

### XII-R. Interfaz de usuario

Una interfaz de usuario es un elemento que sirve de intermediario entre el usuario y la máquina, es decir es el canal o método de comunicación que tiene la persona con un determinado dispositivo, éstas han sufrido una evolución a través del tiempo junto con las tecnologías que se han aplicado para su desarrollo, es un requerimiento casi obligatorio para su éxito que sean amigables e intuitivas, dicho en otras palabras, deben ser “fáciles de entender y usar”.



### XII-S. Base de datos y MySQL

Se conoce como base de datos, a un grupo de información el cual pertenece a un mismo contexto, esta se ordena de un modo sistemático para posteriormente ser recuperada, analizada y/o transmitida.

MySQL es un sistema gestor de bases de datos (SGBD, DBMS por sus siglas en inglés) muy conocido y ampliamente usado por su simplicidad y notable rendimiento. se caracteriza por presentar funciones y apartados de código abierto, es un tipo de base de datos relacional.



Figura 15. MySQL

### XII-T. Visión artificial

La visión artificial comprende todos los sistemas de detección y reconocimiento de objetos que se basan exclusivamente en la utilización de cámaras.

Un sistema de visión artificial busca reconocer, analizar y entender una escena y sus componentes, partiendo de una o más imágenes bidimensionales.

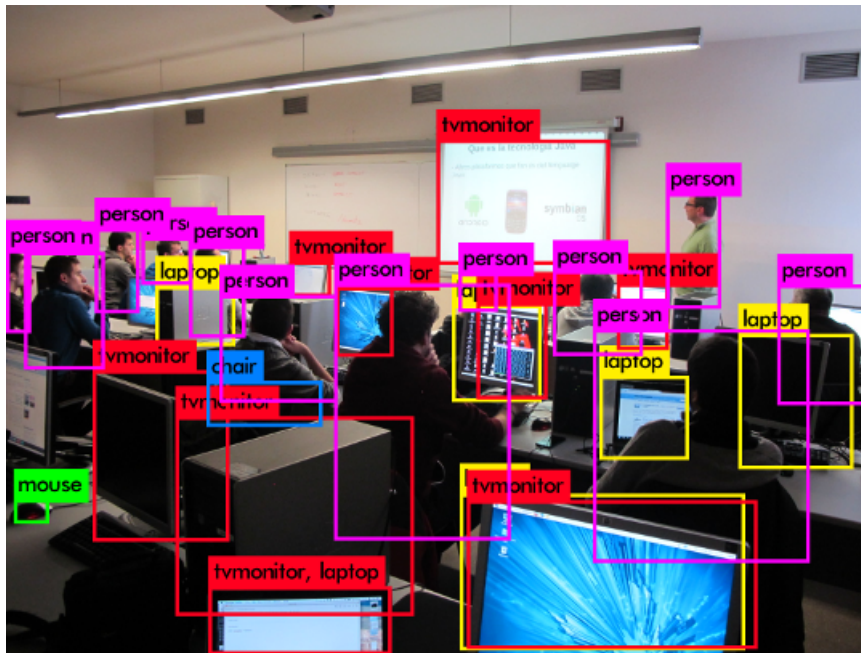


Figura 16. visión artificial

### XII-U. OpenCV

La librería OpenCV presenta un marco de trabajo de un nivel alto, esto para el desarrollo de aplicaciones de visión por computador principalmente en tiempo real, tales como pueden ser: estructuras de datos, procesamiento y análisis de imágenes, análisis estructural, entre otras.

Sus áreas de aplicación son extensas en la que destacan: interacción hombre-máquina (HCI); segmentación y reconocimiento de objetos; reconocimiento de gestos; seguimiento del movimiento; robots móviles, etc.



Figura 17. Open CV

### XIII. MARCO METODOLÓGICO

De acuerdo con la naturaleza del objeto de nuestro estudio, el cual consiste en el desarrollo de una maquina automatizada para el acopio de botellas a través de sistemas alimentados por energía fotovoltaica, se propone el planteamiento de una investigación de tipo cuantitativa.[6]

Para evaluar el comportamiento de las variables inmersas dentro de este trabajo, se requiere de un diseño de investigación experimental, en la cual se controlan una o más variables independientes (causales) sobre las dependientes (efectos) para analizar las consecuencias de esta manipulación. [8]

Definimos entonces a la variable independiente como (el entrenamiento del sistema) ya que esta delimitara cuales elementos se caracterizan como botellas, además es la variable causal que podrá controlarse a lo largo de la experimentación. Por otra parte, la variable dependiente será la recepción de la botella dentro del sistema de acopio; si esta es reconocida y aceptada por el sistema, entonces podrá pasar a la fase de recolección, de lo contrario será rechazada.

Para el presente trabajo de investigación se usará la observación y experimentación como técnicas de recolección de datos para su correcto funcionamiento.[4]

#### XIII-A. Herramienta computacional para diseño mecánico

SolidWorks es una herramienta tecnológica, un software de tipo CAD la cual permite el modelado en 2D y 3D, es un software de diseño asistido por computadora, este nos brinda una amplia gama de útiles y potentes herramientas, no solo para el dibujo sino también para simulaciones y estudios de elementos mecánicos.



Figura 18. SolidWorks

#### XIII-B. Diseño mecánico del prototipo

*XIII-B1. Diseño Estructural:* Para el diseño de la estructura planteamos dimensiones a escala de botellas de aproximadamente 300 ml, referencia en tamaño aproximado de las botellas que formarán parte de nuestro estudio. Usamos SolidWorks para su modelado y análisis, inicialmente se generó el armazón de la estructura. A continuación, unas láminas explicativas de la estructura:

Para el esqueleto principal se utilizó tubo cuadrado de 1 pulgada, tanto para el esqueleto como laminas que hacen de tapas, se construyeron en acero o "hierro" negro.

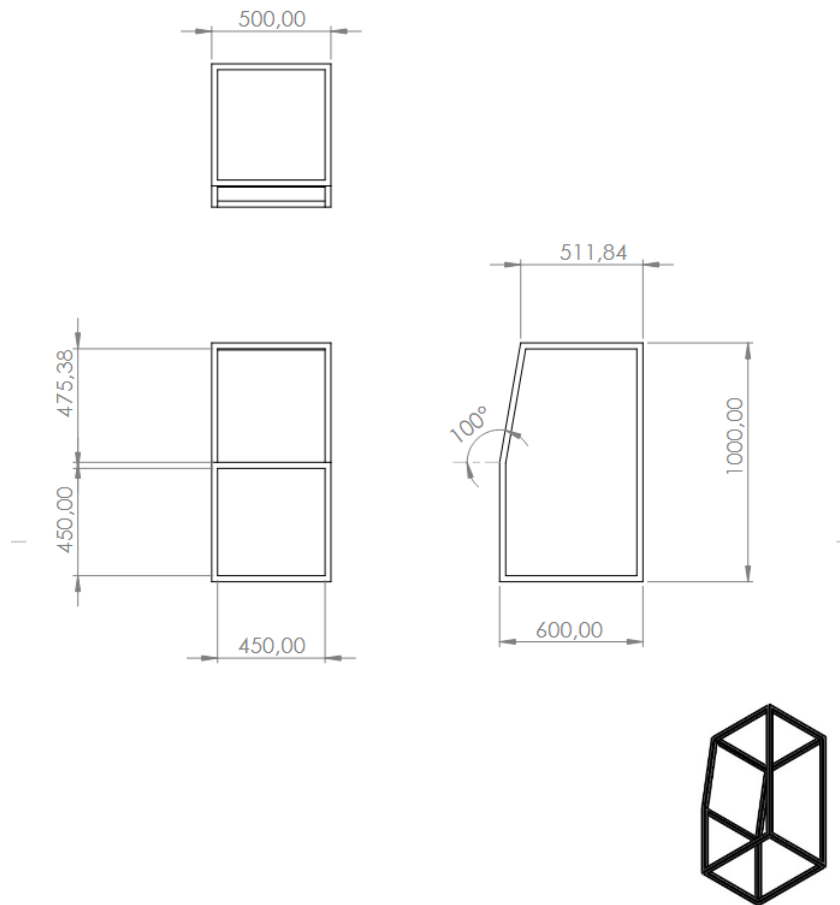


Figura 19. Armazón de máquina

El acero negro, es considerado un material funcional para la elaboración de distintos elementos, La norma INEN 2415 sugiere el uso de tubos de acero al carbono para aplicaciones estructurales y generales. El acero negro es también llamado "hierro negro", esto para hacer referencia a que cuenta con una capa de óxido negro superficial, al contar con bajos niveles de carbono y un nulo tratamiento externo hace que se oscurezca adoptando una tonalidad negra, este rasgo propio es muy positivo para su uso en la construcción de herramientas y maquinarias; esta capa de óxido superficial evita la corrosión, haciendo que este material sea muy resistente y duradero. Su dureza posibilita una elevada capacidad de carga. Propiedad importante además de su resistencia a la tensión uniforme.

*XIII-B2. Análisis Estático:* Previo a la construcción, se emplearon herramientas computacionales, reduciendo así el riesgo de error en la etapa de la implementación, empleando Solidworks como herramienta principal para dibujo y análisis, esto posibilitó la simulación de la estructura.

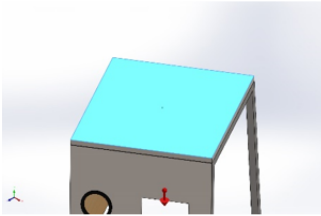
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Masa distribuida-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Desplazamiento (Transferencia directa) Sistema de coordenadas: Coordenadas cartesianas globales Traslación Valores: ---; ---; --- mm Rotación Valores: ---; ---; --- deg Coordenadas de referencia: 0 0 0 mm Masa remota: 90 kg Momento de inercia: 0;0;0;0;0 kg.m <sup>2</sup> Componentes transferidos: NA

Figura 20. Cargas aplicadas para el análisis estático

El estudio del diseño refleja resultados satisfactorios, ya que aplicando un peso distribuido en la parte superior de la estructura no genera ninguna alarma de deformación crítica, conociendo el coeficiente de Poisson, el cual es un coeficiente adimensional resultante de la división de esfuerzos perpendiculares a la fuerza y las formaciones longitudinales en dirección de la fuerza aplicada, en el caso particular de los aceros se encuentra en el rango de 0,27-0,30; este análisis presenta un valor inferior en su escala de deformación, dando así un satisfactorio resultado para su implementación, a continuación una imagen del análisis.

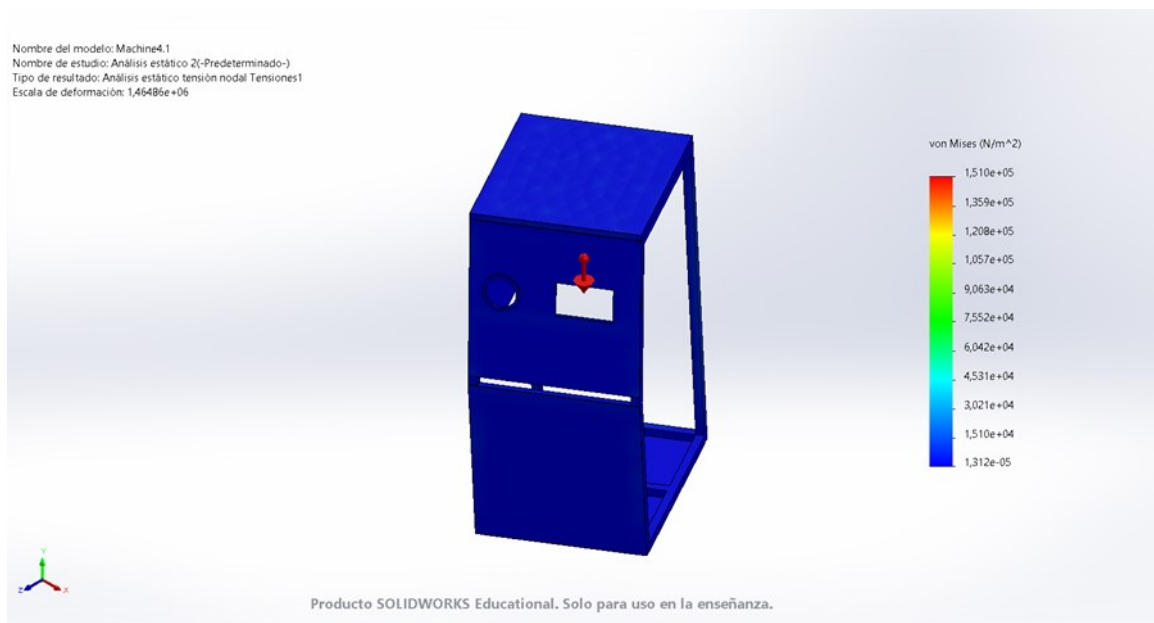


Figura 21. Análisis estático

En el apartado de fuerzas resultantes, encontramos el análisis de los esfuerzos visto desde cada una de sus componentes, x,y,z. Para obtener estos resultados, el equipo fue sometido en simulación a una prueba de cargas, aplicando 90Kg sobre la máquina, asumiendo que el peso del panel solar el cual irán ubicado en la parte superior no supera esa cantidad, en los resultados del estudio podemos observar que el mayor esfuerzo ocurre en su componente superior, pero, aunque esa componente es la que sufre de mayor esfuerzo, no presenta una deformidad.



## Fuerzas resultantes

### Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0,455268	4.509,52	-0,15979	4.509,52

### Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

### Fuerzas de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0,0637642	2.121,63	0,0326177	2.121,63

### Momentos de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	1e-33

Figura 22. Análisis estático: Fuerzas resultantes

*XIII-B3. Análisis de vibraciones:* El análisis de vibración se generó a necesidad de los tres motores que forman parte del mecanismo, tomando en cuenta la fuerza aplicada, las sujeciones, los elementos fijos y soldaduras definidas en el equipo, dando como resultado la tabla de la figura de lista de modos, se descarta los tres primeros resultados, dado a que son frecuencias aleatorias generadas por el software, enfocamos el análisis en las frecuencias 4 y 5, estas son las de interés y estudio, estas indican dos regiones principales de atención, la compuerta de ingreso y la lámina superior, como se puede visualizar en la figura de análisis, aunque son las zonas de mayor vibración, no representan un riesgo y son satisfactorias para la implementación, a continuación el listado de modos e imagen del análisis de vibración.

#### Lista de modos

Frecuencia n°.	Rad/seg	Hertz	Segundos
1	2.028,9	322,91	0,0030968
2	2.468	392,8	0,0025458
3	2.657,3	422,92	0,0023645
4	3.069,7	488,56	0,0020468
5	3.324	529,03	0,0018902

#### Participación de masa (Normalizada)

Modo n°.	Frecuencia(Hertz)	Dirección X	Dirección Y	Dirección Z
1	322,91	0,08784	3,5223e-07	0,00091414
2	392,8	0,090894	0,001012	0,049728
3	422,92	8,5864e-05	0,16163	0,007706
4	488,56	0,012192	0,0053033	0,038617
5	529,03	0,00063086	0,0014573	0,0018169
		Sum X = 0,19164	Sum Y = 0,1694	Sum Z = 0,098781

Figura 23. Lista de modos

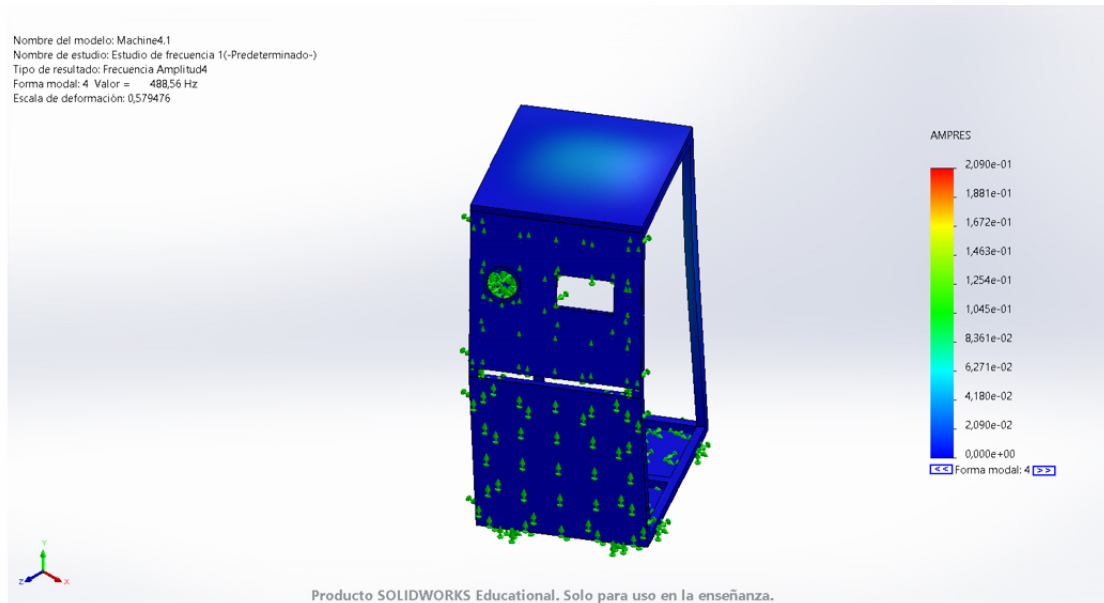


Figura 24. Análisis de vibraciones

### XIII-C. Diseño de mecanismo

Para el mecanismo interno se implementaron 3 motores Nema 17, estos poseen un torque de 3.2 [kg/cm]. El mecanismo fue construido a partir de impresión 3D, el material utilizado para esta fue PETG, el cual es una mezcla entre PET y glicol, se caracteriza por ser particularmente resistente, el mecanismo consiste en 3 partes principales, la primera es una paleta de ingreso, la cual abre y cierra la compuerta para el ingreso de las botellas, seguido a eso se encuentra el tambor principal, este es la base de reposo para los elementos introducidos, esperando el análisis de la visión artificial la cual controla el movimiento correspondiente, el tambor principal gira gracias a la sujeción de la banda y polea con otro motor y la segunda secuencia corresponde a una paleta trasera, la cual se acciona y es girada por un motor. A continuación imágenes referenciales del proceso de impresión de bases en 3D e imágenes referenciales del mecanismo y estructura.

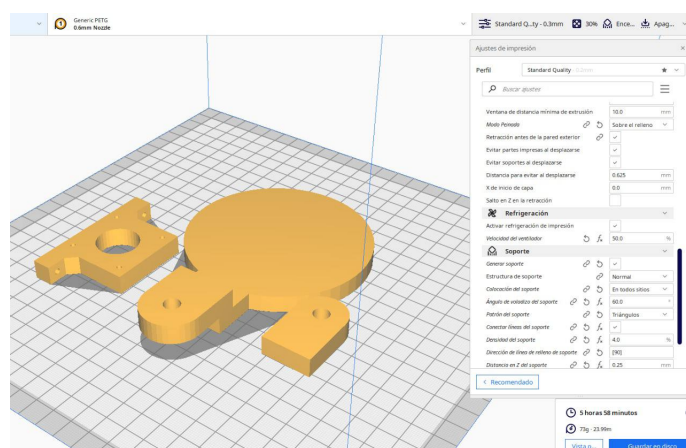


Figura 25. Parametrización de piezas traseras de mecanismo para impresión 3D

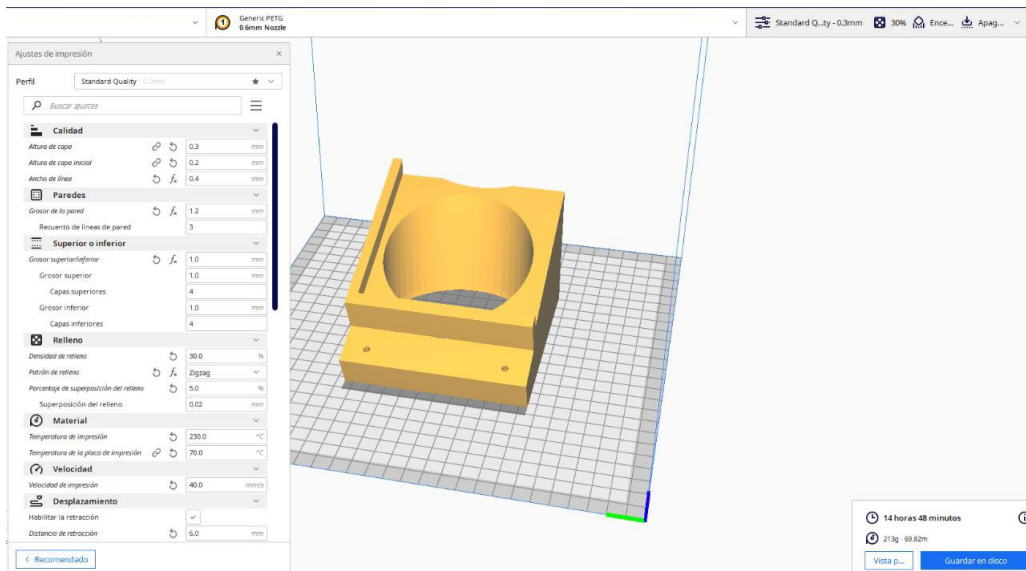


Figura 26. Parametrización de base delantera para impresión 3D

Esta imagen corresponde a la parametrización de la impresión de base delantera, donde va sujeto el motor de control de la paleta frontal de ingreso y también se apoya el tambor rotativo del mecanismo.

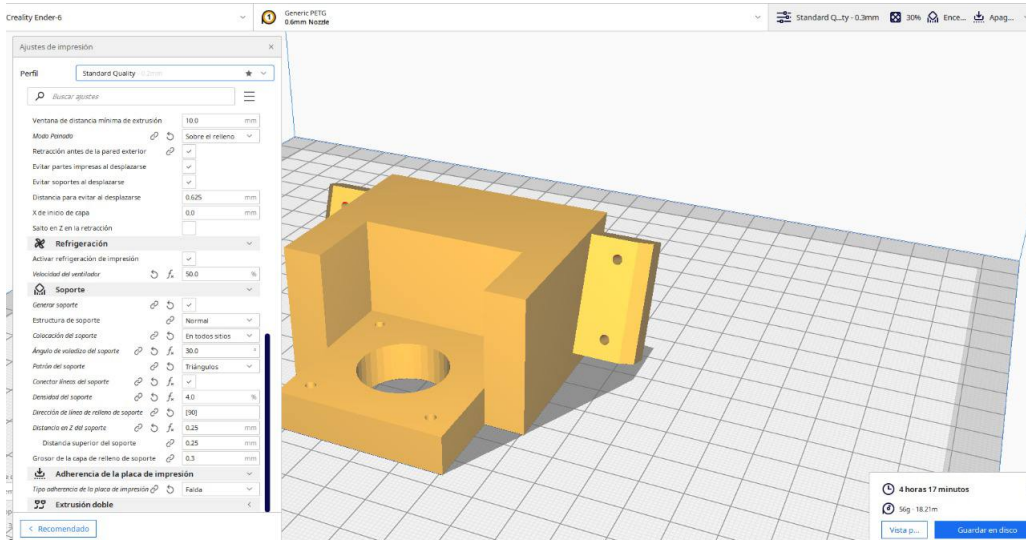


Figura 27. Parametrización de base de motor delantera para impresión 3D

Este gráfico compete a la base del motor para control de la paleta frontal, esta base se ubica sobre la base delantera parametrizada e la figura anterior, esta sección sirve para controlar la paleta delantera y el ingreso de botellas.

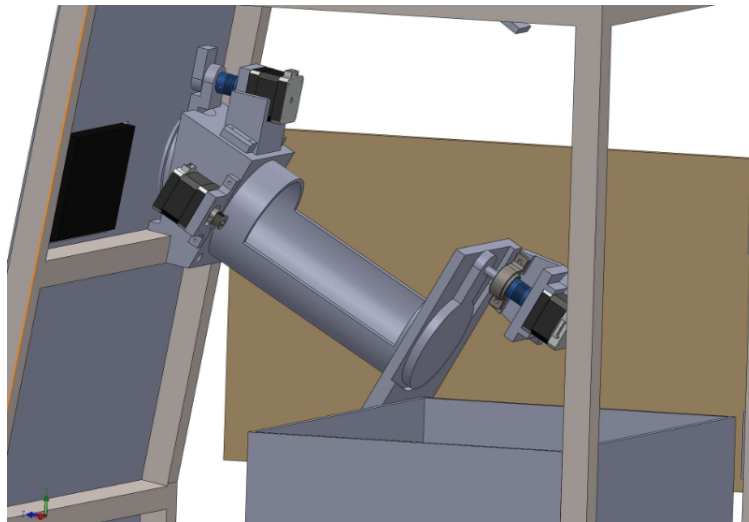


Figura 28. Mecanismo en reposo

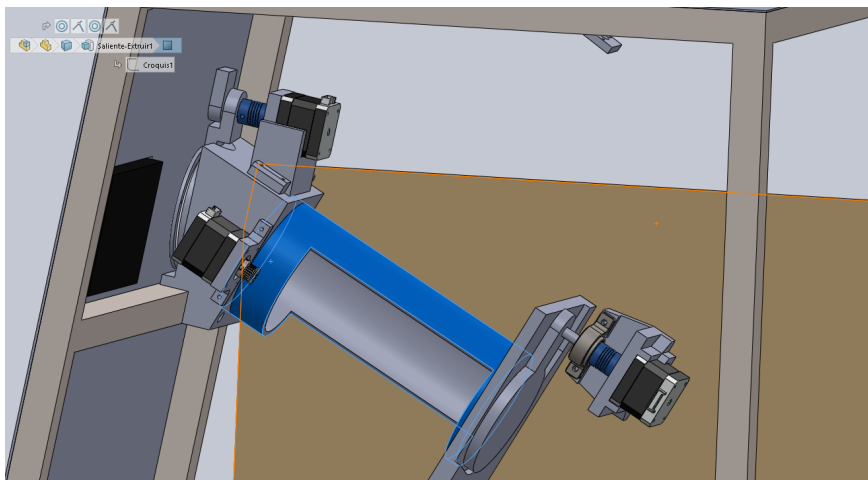


Figura 29. Giro de tambor de mecanismo

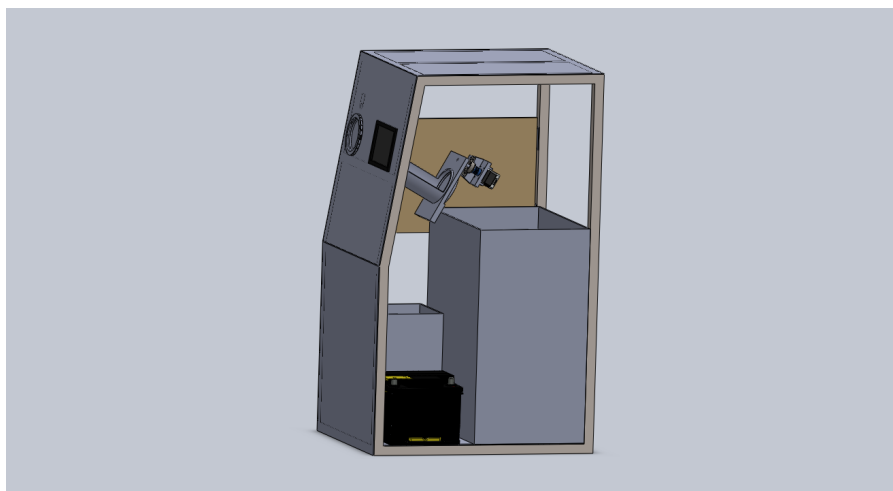


Figura 30. Estructura y mecanismo

### XIII-D. Cálculo de banda

Para el mecanismo de tambor, se utilizó una banda conectada a la polea ensamblada a un motor Nema17, esta banda es la encargada de transmitir el torque generado por el motor para hacer girar el tambor, el cual gira para rechazar todos aquellos objetos que no sean reconocidos como positivos por la visión artificial. A continuación un bloque de cálculos e imágenes para explicar el calculo de este importante componente.

$$L = \frac{\pi * (D1 + D2)}{2} + \frac{(D1 + D2)^2}{4x} + 2x \quad (1)$$

- L = Longitud de la correa de distribución
- X = Distancia entre poleas
- D1 = Diámetro de polea 1
- D2 = Diámetro de polea 2

Datos obtenidos a través del modelado y diseño en SolidWorks:

- Distancia de centro a centro = 76mm
- Diámetro del tubo 101mm (D1)
- La polea del motor es de 15mm de diámetro(D2)

Aplicando la fórmula previamente descrita, se obtiene una longitud de 358,54 [mm], este valor satisface para la aplicación de bandas GT2 las cuales son las mas cercanas en características respecto a lo que este estudio busca, estas son de adquisición fácil gracias a su constante uso para mecanismos de impresoras 3D.

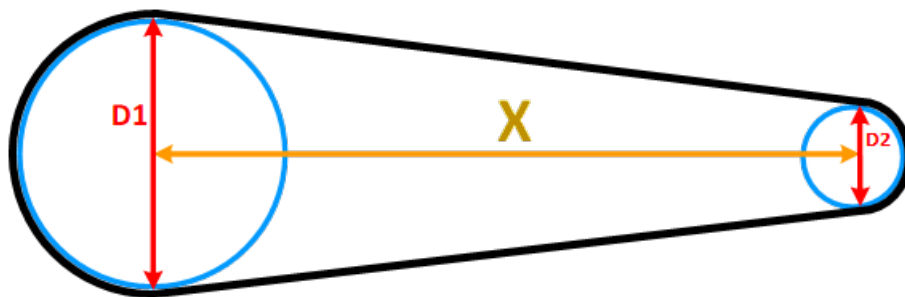


Figura 31. Referencia de toma de medidas para banda

Referencia gráfica para obtener los valores necesarios para calcular la banda.

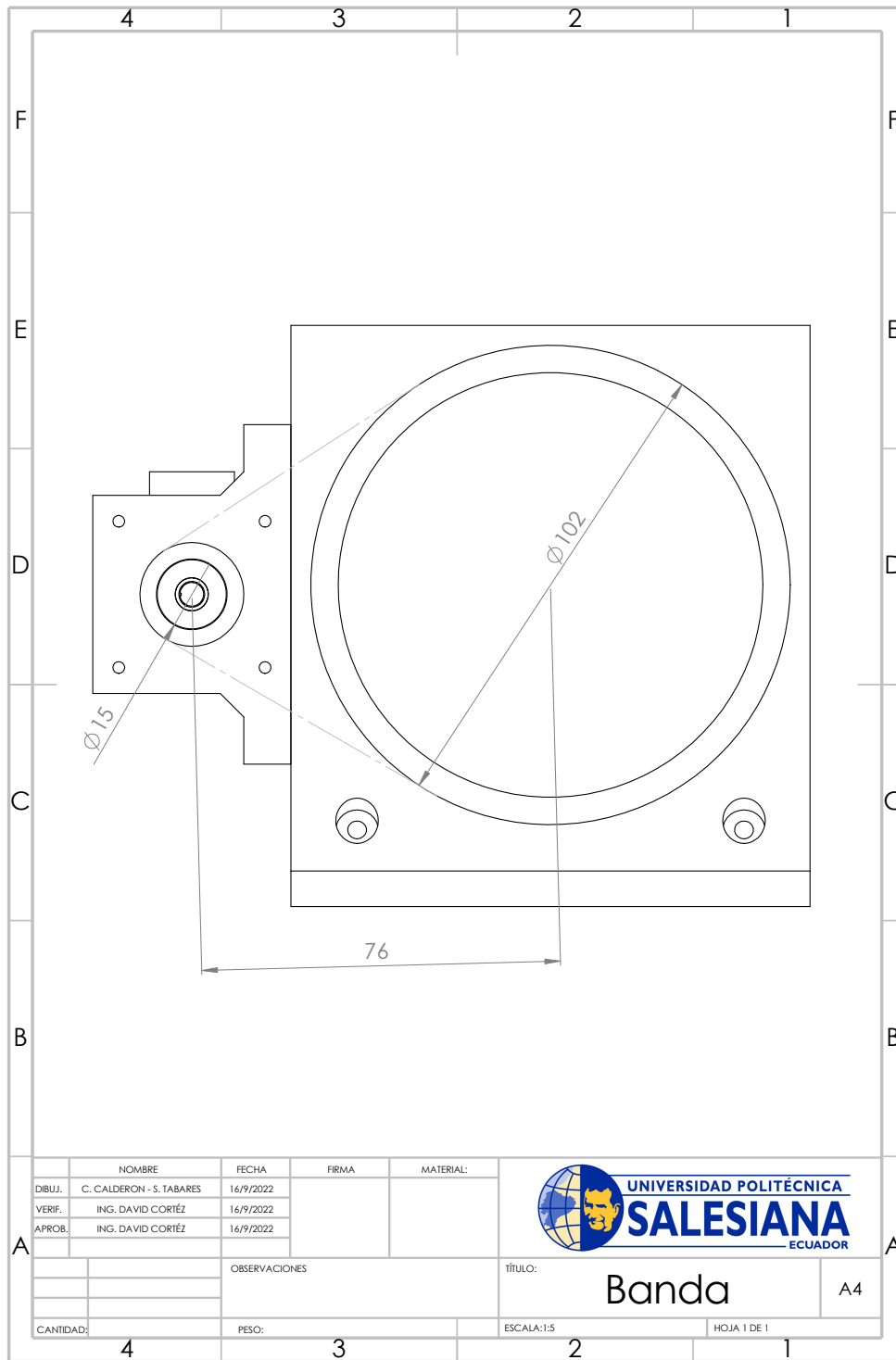
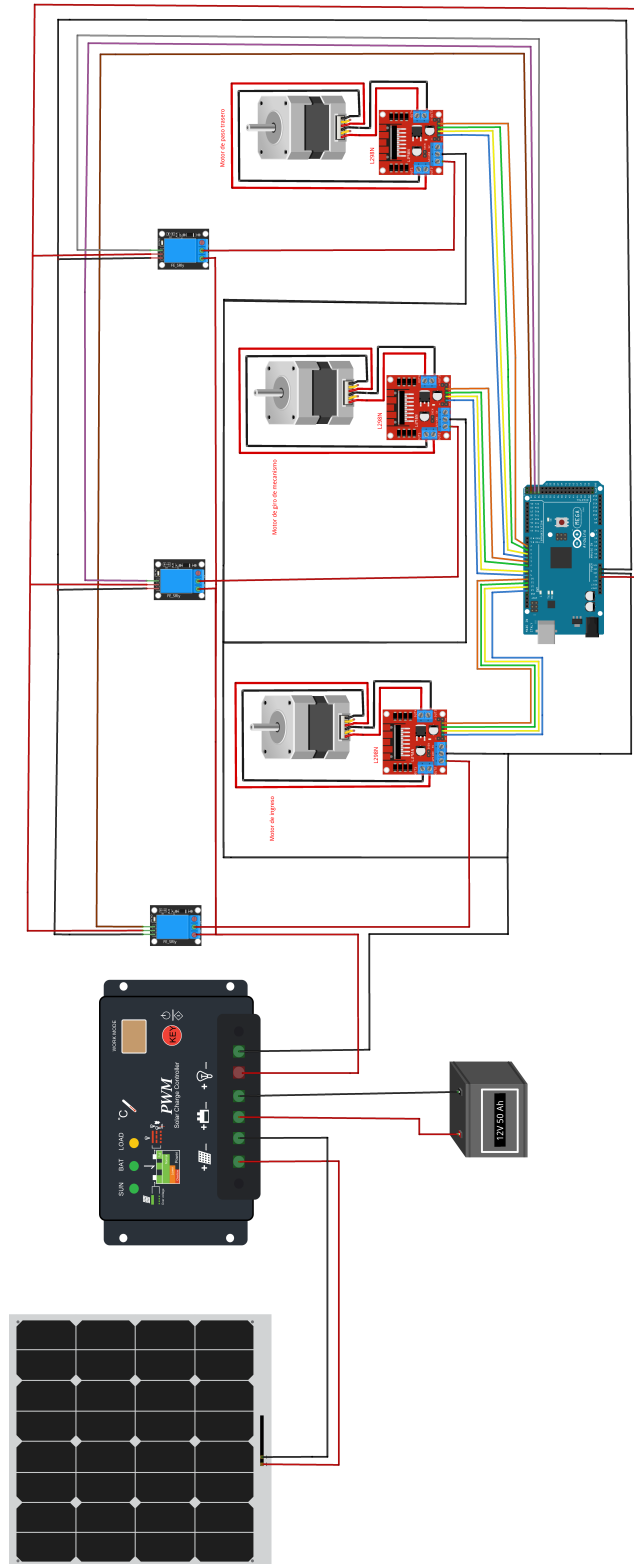


Figura 32. Lámina de medidas para cálculo de bandas

Lámina de vista frontal de tambor, polea, motor y distancias en modelado 3D para obtener los valores necesarios para el calculo e implementación de banda de este estudio.



Este diseño contempla los elementos presentados en los esquemas, el modelo de control se basa en un modelo de maestro-esclavo, donde el Raspberry pi es el cerebro principal, aquel encargado de gestionar la visión artificial, la base de datos y la interfaz de usuario, esto gracias a su capacidad de procesamiento, la cual a comparación con el arduino y mayor. La visión artificial es entrenada previamente y el monitoreo en tiempo real ocurre a través de la PiCam conectada al raspberry a través de una cinta flex, por otra parte, la pantalla LCD se comunica con el raspberry a través de un puerto USB

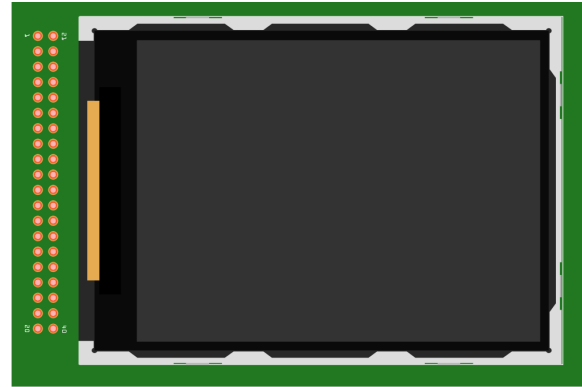
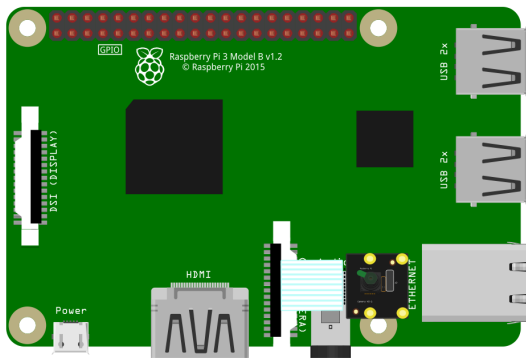


Figura 33. Raspberry Pi/ LCD / PiCam

y un cable HDMI.

Para el control del mecanismo, se comandan los motores mediante Módulos controlador de motores L298n y relés, esto ocurre con un comando enviado del raspberry hacia el arduino a través de comunicación serial, el arduino y el raspberry están conectados mediante USB, este proporciona alimentación eléctrica al arduino y comunicación entre ambos equipos (comunicación full dúplex), el arduino recibe los comandos y ejecuta las secuencias en los sensores y actuadores, es importante resaltar que la decisión de definir al arduino como esclavo, no solo se debe a su capacidad de procesamiento, sino también a su construcción electrónica, la cual provee de más protecciones en sus pines.

Todos los elementos utilizados son alimentados por corriente directa, dado que el sistema en general será alimentado por energía fotovoltaica, eliminar el uso de inversores es de suma importancia para el rendimiento energético. El uso de relés juega un papel importante, ya que es un mecanismo de control del flujo eléctrico, estos regulan el paso de corriente, volviéndose así una herramienta para la reducción del consumo eléctrico.

#### XIII-F. Sistema fotovoltaico

*XIII-F1. Demanda energética:* La tabla de demanda energética contempla el consumo de los equipos, este cálculo fue realizado en diferentes etapas. Inicialmente se generó una tabla de potencia eléctrica de cada uno de los componentes, este dato es posible obtenerlo en las especificaciones de la hoja técnica o a su vez en la lectura física del componente, una vez obtenidos estos datos, es necesario calcular el tiempo en horas/día que cada componente estará en funcionamiento, esto sirve para referencia por elemento el consumo w/h día, esto multiplicando su respectiva potencia por el tiempo que estará en funcionamiento al día.

Al estar calculado el consumo de cada componente, para obtener la energía total requerida, sumamos el consumo de cada parte a funcionar alimentada a través de energía eléctrica, para este estudio, el cálculo concluye en un valor de 267,44 w/h día, se usó el valor de 270 w/h día a fin de generar un cálculo más cerrado. A continuación una tabla explicativa de los datos obtenidos para esta implementación obtenidos aplicando la explicación previamente mencionada.



Demanda energética del sistema				
Cantidad	Equipo	Potencia(Watts)	Tiempo(Horas)	W/Hora
3	Motor Nema17	4.8 w	0,8h	3,84 w/h
3	L298n	25w	0,8h	20w/h
1	Lcd 7"	2.5w	12h	30w/h
1	Raspberry	2.5w	12h	30w/h
2	Ultrasonido	0.075w	12h	3,6 w/h
1	Arduino Mega	15w	12h	180 w/h
				267,44 w/h

Figura 34. Tabla de demanda energética

*XIII-F2. Dimensionamiento de sistema fotovoltaico:* Para el dimensionamiento del sistema, se tomaron en cuenta 2 variables importantes: La hora solar (figura 32) y el consumo de nuestro sistema. [11]

- C= Consumo o energía requerida en el sistema: 270 w/h
- HSP: 3.5

$$Potencia = \frac{(270w/h)}{3,5HSP} \quad (2)$$

$$Potencia = 77,14Wp \quad (3)$$

La potencia requerida en paneles solares es de 77,14 Wp, dado a los modelos disponibles en el mercado, se implementa el sistema con un panel de 100Wp, dejando así también la posibilidad de futuras mejoras con una holgura energética.

Etiqueta de datos del panel solar adquirido para implementación.

Imagen referencial de hora solar pico según mediciones de NREL(National Renewable Energy Laboratory), el cual es un laboratorio especializado en energías renovables, se destaca en investigación y desarrollo de la misma.

*XIII-F3. Dimensionamiento del acumulador:*

- E=270 w/h (Consumo)
- D= 1 (días de autonomía solar)
- V= 12VDc (Voltaje de operación)
- P= 55 % (porcentaje de descarga de la batería)

$$A = \frac{270 * 1}{12 * 0,55} \quad (4)$$

$$A = 40,9Ah \quad (5)$$

El cálculo refleja la exigencia de una batería de aproximadamente 40 Ah, dado el mercado se implementa una batería de 50Ah, este sobre-dimensionamiento se debe a la disponibilidad en el mercado, además de ser una medida para evitar una descarga muy profunda y alargar el tiempo de vida del acumulador del sistema.



Figura 35. Etiqueta de datos

### XIII-G. Visión artificial

Previo al entrenamiento de la visión artificial, se generó un estudio. Se realizó un tratamiento de imágenes a las fotografías tomadas de una botella PET de 300ml, la herramienta utilizada para el mismo fue el software MATLAB.

El propósito de este es probar una de las hipótesis planteadas previamente, sin importar que las botellas PET sean un elemento translúcido es posible generar un tratamiento de imágenes, esto para la detección de la morfología de las botellas, la satisfacción de este estudio determinó la viabilidad de la implementación de esta tecnología, este análisis concluye en positivos resultados.

A continuación, un conjunto de imágenes del tratamiento generado. Inicialmente se importó una imagen en formato RGB, la cual es a bajos píxeles para facilitar el entrenamiento, asumiendo que a bajos píxeles sea posible pasar por un tratamiento de

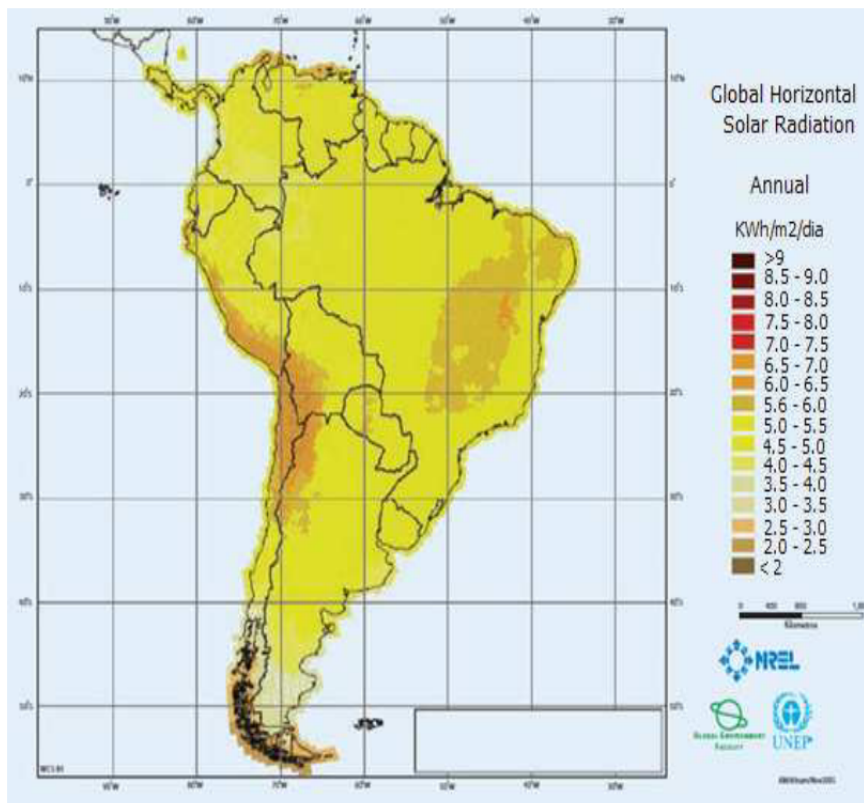


Figura 36. Radiación solar sobre América del Sur, Fuente: NREL

imágenes satisfactorio daría continuidad a la propuesta, luego se generó la imagen en formato binario, se implantó un filtro para corrección de ruido y finalmente se dibujó la morfología obtenida a partir del estudio.



Figura 37. Imagen cargada a Matlab para tratamiento de imágenes

Lo primero a realizar en el tratamiento, es importar nuestro cuerpo de estudio de manera digital, esta digitalización es en forma de una imagen, en este caso tomada a través de la PiCam en formato RGB, se iluminó el entorno con leds infrarrojos como forma de probar cuantas ventajas provee el empleo de los mismos.



Figura 38. Imagen binaria en Matlab

El primer filtro a aplicar es el de binarización, este es de altísima importancia, ya que lo que internamente sucede es que se genera una matriz, la cual representa la imagen importada, así es posible hacer un análisis matemático, teniendo toda información digital ya no simplemente en forma de píxeles, sino en forma de unos y ceros, permitiendo así tener una referencia mas exacta en los posteriores procesos de análisis.



Figura 39. Imagen aplicando filtro de corrección de ruido

Se da continuidad al análisis a través de una inversión de la binarización representada con colores en blanco y negro y aplicando un filtro de corrección de ruido, este filtro es muy útil ya que nos permite eliminar la información que no es necesaria y pueda perturbar el análisis de la imagen.

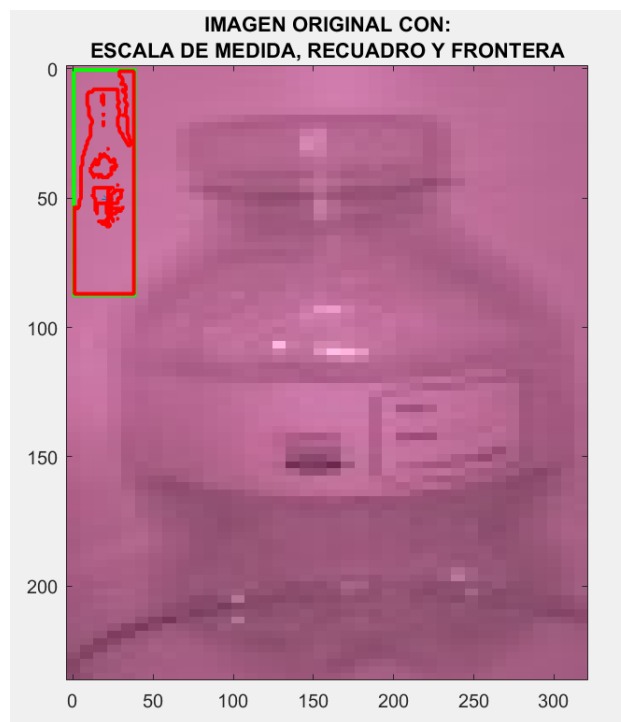


Figura 40. Morfología obtenida

Para concluir el análisis, se realiza una comparación a través de un figure en Matlab, en donde se muestra el resultado obtenido e dibujado con rasgos de color rojo en la esquina superior izquierda, se puede apreciar que morfológicamente posee una apariencia similar a la de una botella, dando así validación para la continuidad de la implementación, dejando de lado así la translucidez de componentes como un impedimento rotundo para la aplicación de esta tecnología. Es importante

resaltar que esta imagen usada en el tratamiento previamente descrito, es de dimensiones de 38 píxeles de ancho y 87 píxeles de alto, el motivo de esto es que posterior a su toma mediante la PiCam se aplicó una reducción de píxeles, puesto que al trabajar con sistemas embebidos y controladores de baja capacidad computacional, mientras menos pesada sea la información se podrá aprovechar más los recursos de procesamiento y memoria. Este es un alentador análisis tomando en cuenta la baja información y detalle fotográfico.

XIII-H. Diagrama de flujo de centro de acopio

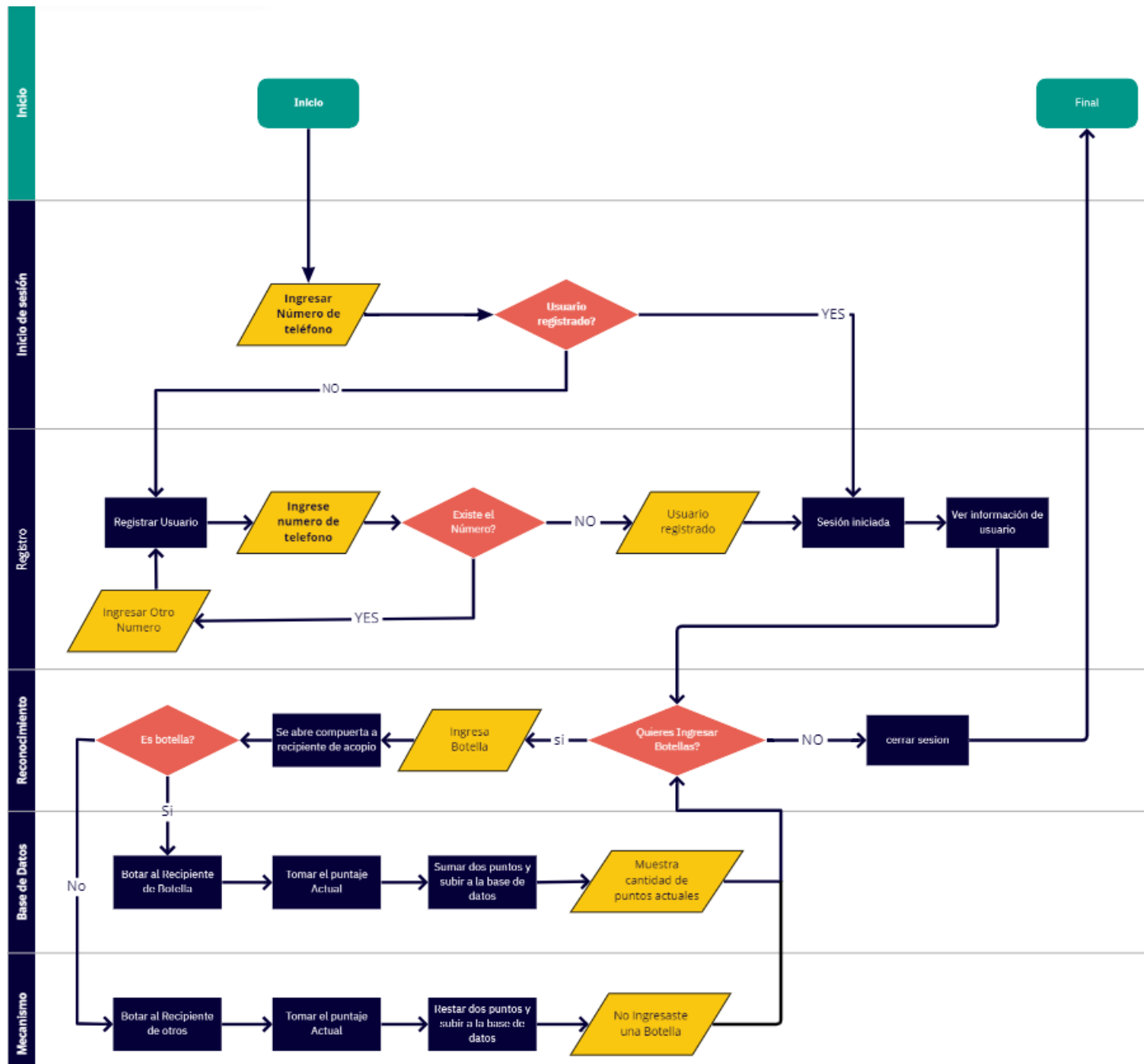


Figura 41. Diagrama de flujo

XIV. CRONOGRAMA

Sede:		Guayaquil	Estudiante - Autor (1)		Cristhian Javier Calderón Vélez	Estudiante - Autor (2)		Juan Sebastian Tabares Rosero	Universidad		Politécnica Salesiana	Tema de trabajo de titulación:		DESARROLLO DE UN CENTRO DE ACOPIO AUTOMATIZADO PARA BOTELLAS PET ALIMENTADO POR ENERGIA FOTOVOLTAICA	Tutor del trabajo de titulación:		Ing. David Cortez Misc.				
Campus:		Centenario	Meses/Semanas		ene-22		feb-22		mar-22		abr-22		may-22		jun-22		jul-22		ago-22		
N°	Actividades	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Revisión de tema																				
2	Formateo para base de datos																				
3	Inicio de anteproyecto																				
4	Árbol de problema																				
5	Problema de investigación																				
6	Revisión de citas																				
7	Justificación																				
8	Objetivos																				
9	Marco Teórico																				
10	Marco procedimental																				
11	Cuadro de presupuesto																				
12	Cronograma de actividades																				
13	Hipótesis																				
14	Anteproyecto consolidado																				
15	1ra Revisión de consolidado																				
16	1ra Corrección de consolidado																				
17	Etapa de diseño																				
18	Avance de funcionamiento de VR																				
19	Avance de interfaz de usuario																				
20	Avance de diseño estructural y socialización de posibles mecanismos																				
21	Diseño de planos mecánicos																				
22	Diseño de planos eléctricos																				
23	Diseño del software de control																				
24	Reunión de aprobación de diseños																				
25	Etapa de pruebas																				
26	Pruebas de VR + interacción con base de datos e interfaz de usuario																				
27	Pruebas de funcionamiento																				
28	Etapa de implementación																				
29	Implementación de los diseños																				
30	Análisis de resultados																				
31	Discusión de conclusiones y anexos																				
32	Presentación del proyecto																				

Figura 42. Cronograma de actividades del proyecto

XV. PRESUPUESTO

Artículo	Cantidad	Precio	Total
Tubo cuadrado de 1"	2	\$ 15,00	\$ 30,00
Armado de Estructura	1	\$ 75,00	\$ 75,00
Corte Laser de Metal	1	\$ 25,00	\$ 25,00
Plancha de hierro negro	1	\$ 55,00	\$ 55,00
Motor Nema 17	3	\$ 11,00	\$ 33,00
Driver L298N	3	\$ 3,00	\$ 9,00
Arduino Mega 2560	1	\$ 30,00	\$ 30,00
Panel Solar	1	\$ 75,00	\$ 75,00
Batería de 50Ah	1	\$ 110,00	\$ 110,00
Controlador de carga solar	1	\$ 25,00	\$ 25,00
Impresión de piezas en 3D	1	\$ 45,00	\$ 45,00
Filamento de Plástico PET G	1	\$ 25,00	\$ 25,00
Pantalla táctil de 7"	1	\$ 90,00	\$ 90,00
Raspberry Pi	1	\$ 135,00	\$ 135,00
Cámara Raspberry Pi	1	\$ 25,00	\$ 25,00
Relé de 4 canales 5V	1	\$ 6,00	\$ 6,00
Tubo Plástico de 4"	1	\$ 4,00	\$ 4,00
Tornillos y elementos de Sujeción	1	\$ 15,00	\$ 15,00
Llantas de 1.5"	4	\$ 3,00	\$ 12,00
Sensor Ultrasónico	2	\$ 3,00	\$ 6,00
Pintura en Spry Negro Mate	5	\$ 4,00	\$ 20,00
Brocas	2	\$ 1,50	\$ 3,00
Horas de trabajo	150	\$ 12,00	\$ 1.800,00
		<b>Total</b>	<b>\$ 2.653,00</b>

Figura 43. Presupuesto



## XVI. CONCLUSIONES

Esta implementación lograda concluye con la factibilidad del desarrollo del centro de acopio de botellas PET alimentado a través de energía fotovoltaica. Este aporta a la reducción del impacto ambiental mediante la generación energética de forma limpia y presentando una alternativa tecnológica para la agilización del acopio de las botellas PET en el proceso del reciclaje. Se concluye con la viabilidad del desarrollo de sistemas fotovoltaicos para este tipo de implementación, en comparación a las máquinas del mercado nacional, este estudio reduce un impacto energético proporcional al doble del consumo de máquinas de generación convencional. Tritubot presenta un consumo de 0,75Kw/h (Fuente: *Diego Melo Rivadeneira - Gerente de operaciones de Tritubot S.A*); mientras que el diseño de los autores: 0,27Kw/h. Valores alentadores para futuras implementaciones e incluso para futuras mejoras.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el proceso de diseño, análisis y simulación, se concluye con positivos resultados, diseñar sistemas eléctricos y electrónicos en DC, estos aportan eficiencia a los sistemas fotovoltaicos, reduciendo así pérdidas de potencia en procesos de conversión eléctrica.

Implementar sistemas mecatrónicos para el desarrollo de tecnologías es de aporte ambiental, es óptimo y genera propuestas interactivas, integrando a la población en general.

En aplicaciones de visión artificial es recomendable entrenar el sistema en el ambiente donde propiamente va a funcionar, para este estudio es uno cerrado sin luz externa que afecte el entrenamiento, esto aporta mayor exactitud.

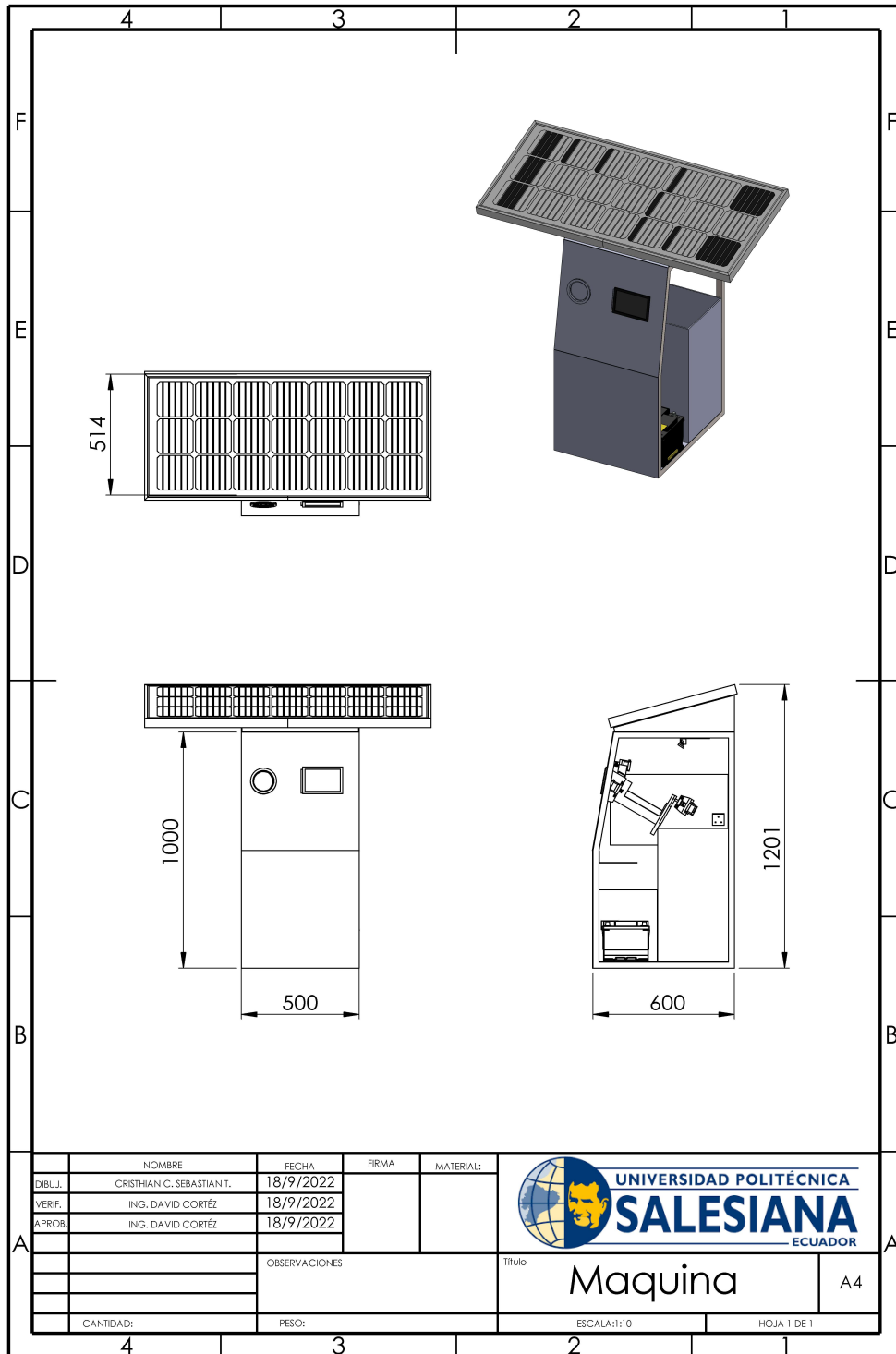
## XVII. RECOMENDACIONES

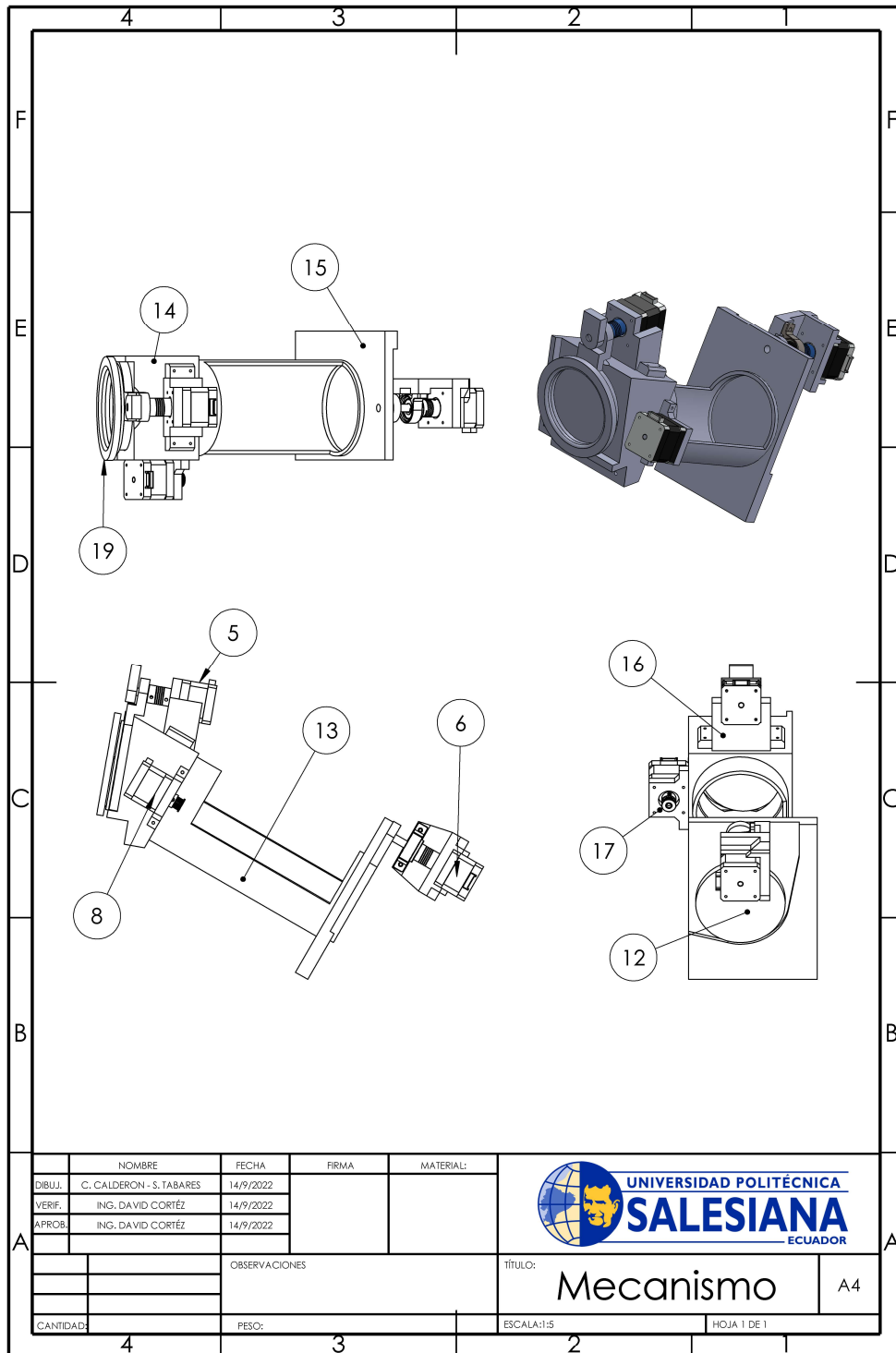
- Se recomienda el uso de luz led y no solamente infrarroja para el proceso de entrenamiento.
- Para elementos translúcidos, como es el caso de las botellas PET, es recomendable entrenar la visión con fotos del fondo o entorno vacío, sin el elemento a identificar y que este fondo vacío sea tomado como parte del grupo de negativos, esto mejora la exactitud.
- Es recomendable usar cámaras específicas para visión artificial, el uso de otros tipos como las web son funcionales, pero en sistemas embebidos es menos viable dado que simplemente aportan alta calidad de imagen en píxeles, pero esto en el procesamiento no genera mucho aporte, puesto que los píxeles se reducen generalmente dado a la limitante de capacidad computacional que se presenta en los sistemas embebidos, de trabajar con raspberry se recomienda el uso de la PiCam, esta es más compatible, la comunicación más veloz por su diseño electrónico, compatible con python y enfocada en visión artificial.
- De usar Raspberry Pi como controlador principal, se recomienda instalar el sistema operativo desde cero e instalar solo las librerías necesarias y además con las versiones compatibles con el sistema operativo para que satisfagan correctamente los requerimientos del proyecto, esto dado a que si uno de estos elementos no posee las versiones, se pueden generar conflictos y extensos errores, como lo son la incompatibilidades y no poder llamar funciones, entre otros.

## REFERENCIAS

- [1] B. Antonio, *The programming language Python*. 2014.
- [2] F. Astrid, *Manual de diseño de sistemas fotovoltaicos aislados*. 2011.
- [3] F. Barrero, *Sistemas de energía eléctrica*. Thomson, 2008.
- [4] R. Francisco, *Sistema Institucional de Investigación de Unitec*. 2007.
- [5] L. Fredrik, *An Introduction to Tkinter*. 1999.
- [6] M. Gloria, «Métodos y Diseños de Investigación Cuantitativa,» sep. de 2015.
- [7] M. Keertikumar, *IoT based smart city traffic alert system design*. 2016.
- [8] M. María, «Tipos de estudio en el enfoque de investigación cuantitativa,» 2007.
- [9] B. Mundo, *Hay tantos residuos de plástico en el mundo que podrían cubrir un país como Argentina*, 2017.
- [10] N. Neira, «MÁQUINA BIO - RECICLADORA DE PLÁSTICO PET: UN EMPRENDIMIENTO VIABLE. CASO AZOGUES – ECUADOR,» *TELOS: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, mayo de 2020.
- [11] S. NELSON y V. FERNANDO, *DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UN SISTEMA PUBLICITARIO ALIMENTADO CON ENERGÍA SOLAR, Y CONTROLADO CON UN RELÉ INTELIGENTE (ZELIO)*. 2011.
- [12] NEMA, *NEMA*, <https://www.nema.org/>, 2022.
- [13] O. PERPIÑAN, *Energía Solar Fotovoltaica*. 2013.
- [14] B. Richard, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. S.A. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, 2008.
- [15] S. Sergio, *Botellas desechables, problemas permanentes*. 2017.

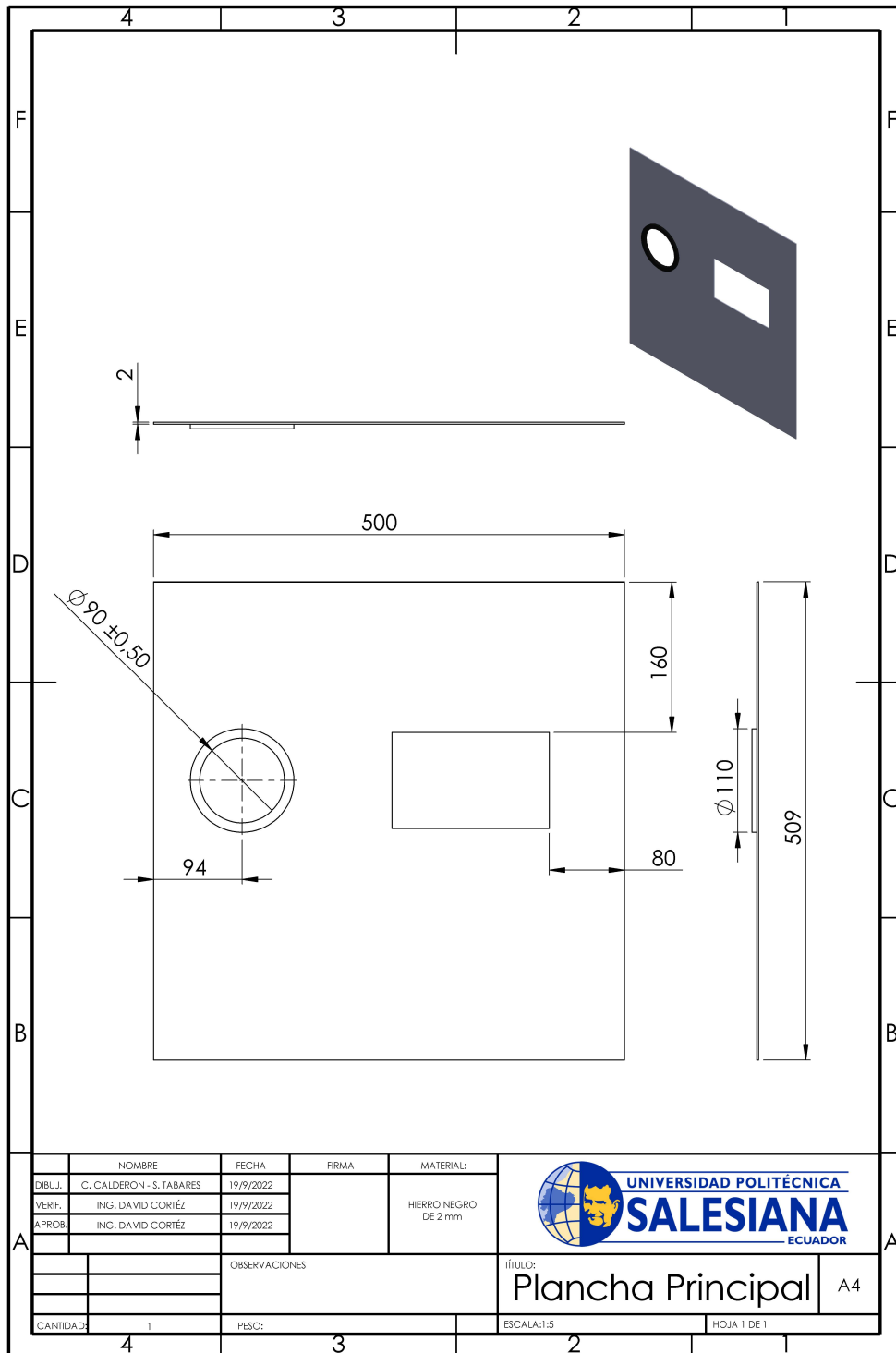
XVIII. ANEXOS





NOMBRE		FECHA	FIRMA	MATERIAL:
DIBUJ.	C. CALDERON - S. TABARES	14/9/2022		
VERIF.	ING. DAVID CORTÉZ	14/9/2022		
APROB.	ING. DAVID CORTÉZ	14/9/2022		
OBSERVACIONES			TÍTULO: Mecanismo	
CANTIDAD:			PESO:	ESCALA:1:5
			HOJA 1 DE 1	



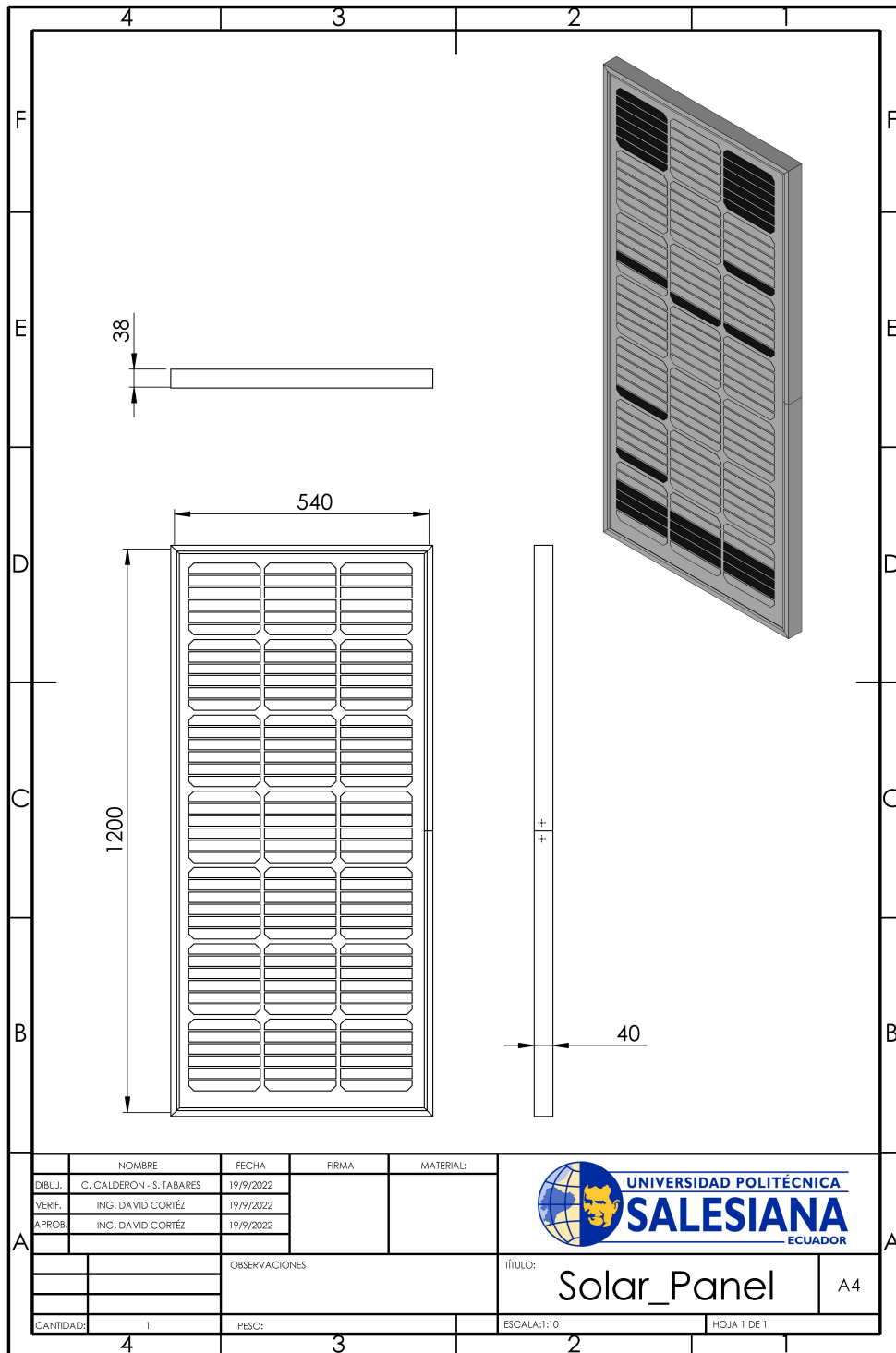


	NOMBRE	FECHA	FIRMA	MATERIAL:
DIBUJ.	C. CALDERON - S. TABARES	19/9/2022		HIERRO NEGRO DE 2 mm
VERIF.	ING. DAVID CORTÉZ	19/9/2022		
APROB.	ING. DAVID CORTÉZ	19/9/2022		
OBSERVACIONES				
CANTIDAD:	1	PESO:		



TÍTULO:  
**Plancha Principal** A4

ESCALA:1:5 HOJA 1 DE 1



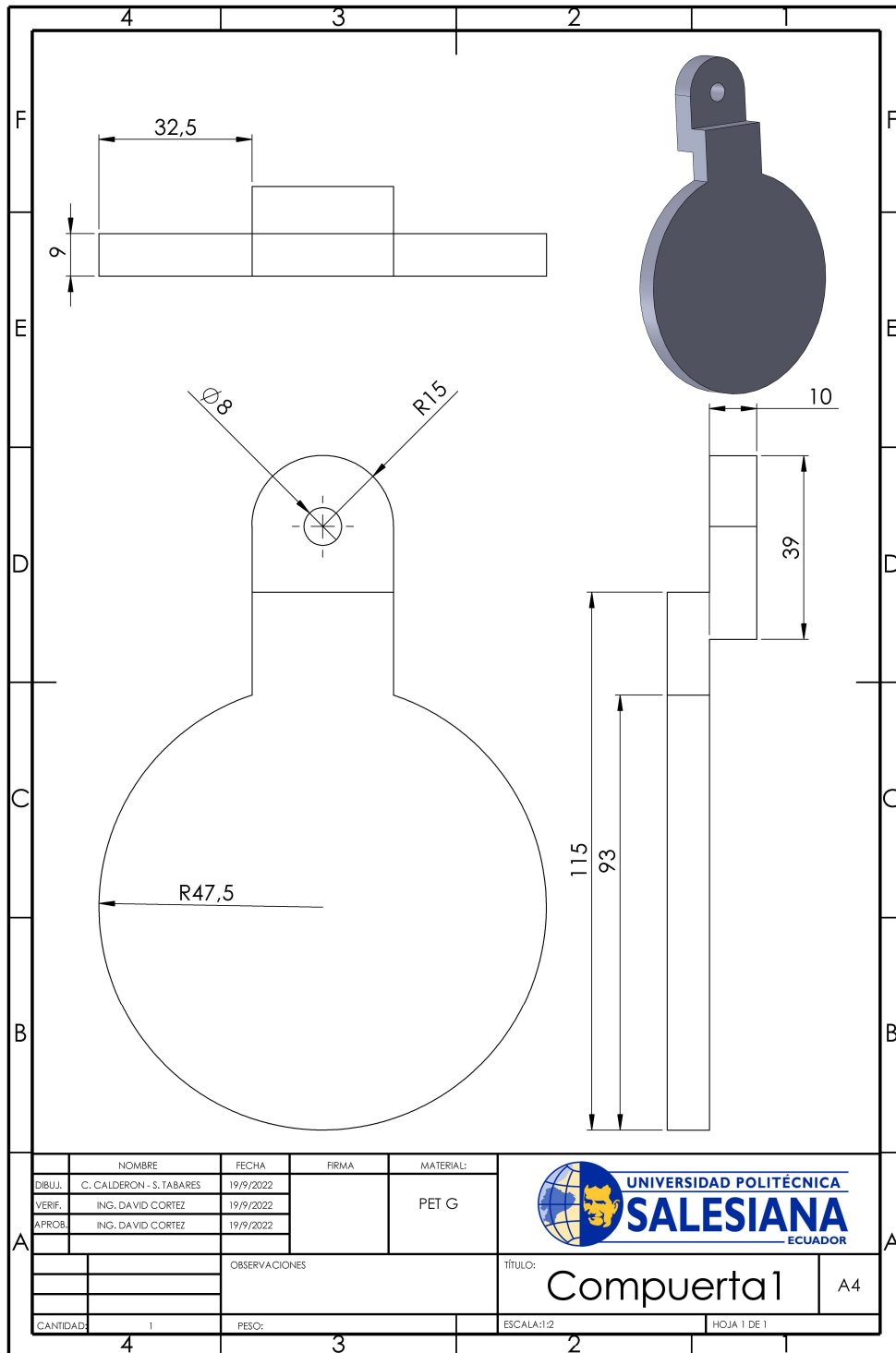
	NOMBRE	FECHA	FIRMA	MATERIAL:
DIBUJ.	C. CALDERON - S. TABARES	19/9/2022		
VERIF.	ING. DAVID CORTÉZ	19/9/2022		
APROB.	ING. DAVID CORTÉZ	19/9/2022		



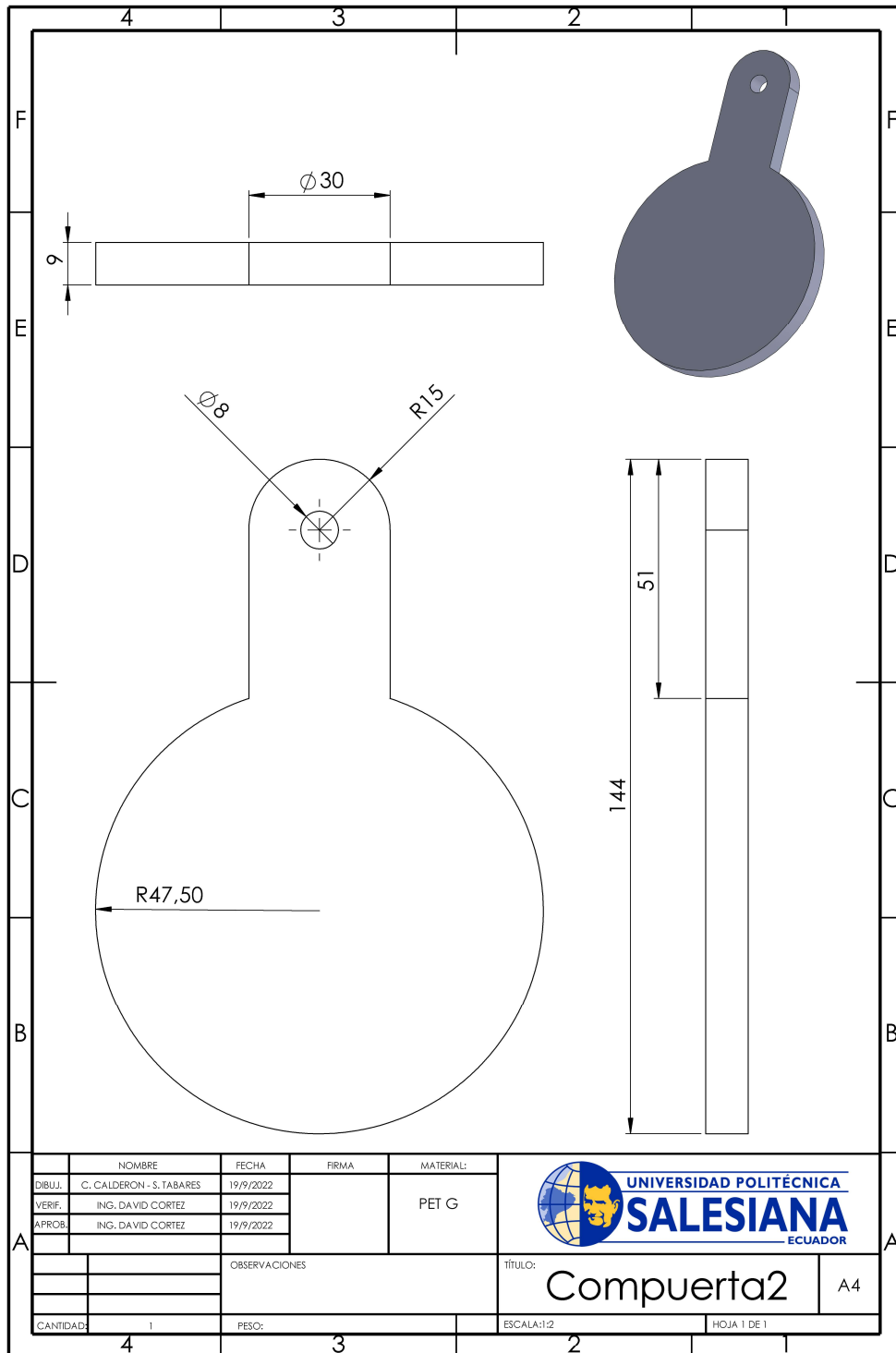
OBSERVACIONES	

TÍTULO:	Solar_Panel	A4
CANTIDAD:	1	PESO:

ESCALA:1:10	HOJA 1 DE 1
-------------	-------------



	NOMBRE	FECHA	FIRMA	MATERIAL:
DIBUJ.	C. CALDERON - S. TABARES	19/9/2022		PET G
VERIF.	ING. DAVID CORTEZ	19/9/2022		
APROB.	ING. DAVID CORTEZ	19/9/2022		
OBSERVACIONES				TITULO:
				Compuerta1
				A4
CANTIDAD:	1	PESO:		ESCALA:1:2
				HOJA 1 DE 1



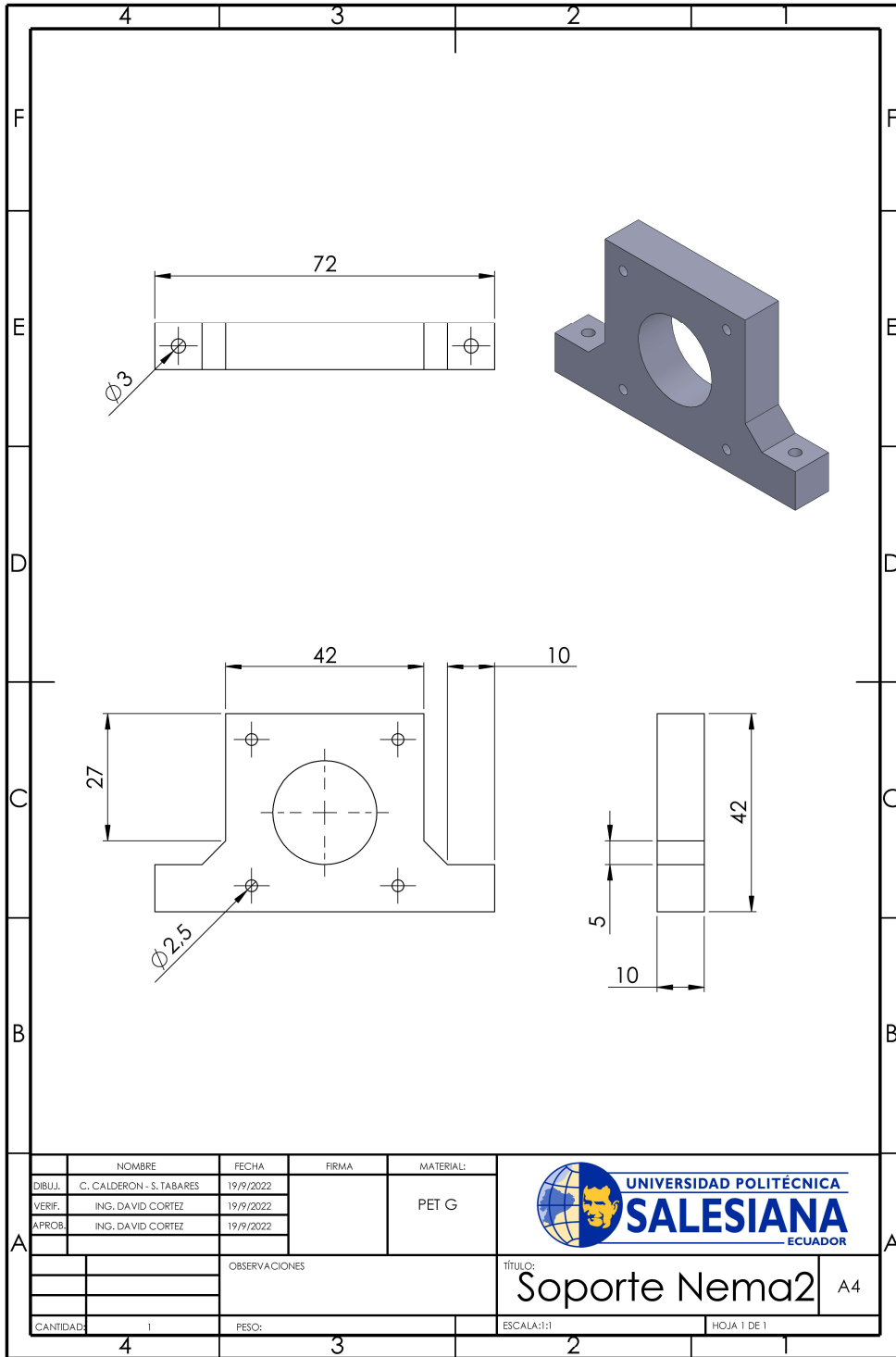
	NOMBRE	FECHA	FIRMA	MATERIAL:
DIBUJ.	C. CALDERON - S. TABARES	19/9/2022		PET G
VERIF.	ING. DAVID CORTEZ	19/9/2022		
APROB.	ING. DAVID CORTEZ	19/9/2022		
OBSERVACIONES				
CANTIDAD:	1	PESO:		



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
 ECUADOR

TÍTULO: **Compuerta2** A4

ESCALA: 1:2 HOJA 1 DE 1





	NOMBRE	FECHA	FIRMA	MATERIAL:	
DIBUJ.	C. CALDERON - S. TABARES	19/9/2022		PET G	
VERIF.	ING. DAVID CORTEZ	19/9/2022			
APROB.	ING. DAVID CORTEZ	19/9/2022			
OBSERVACIONES				TÍTULO:	Soporte Nema2 A4
CANTIDAD:	1	PESO:	3	ESCALA:1:1	

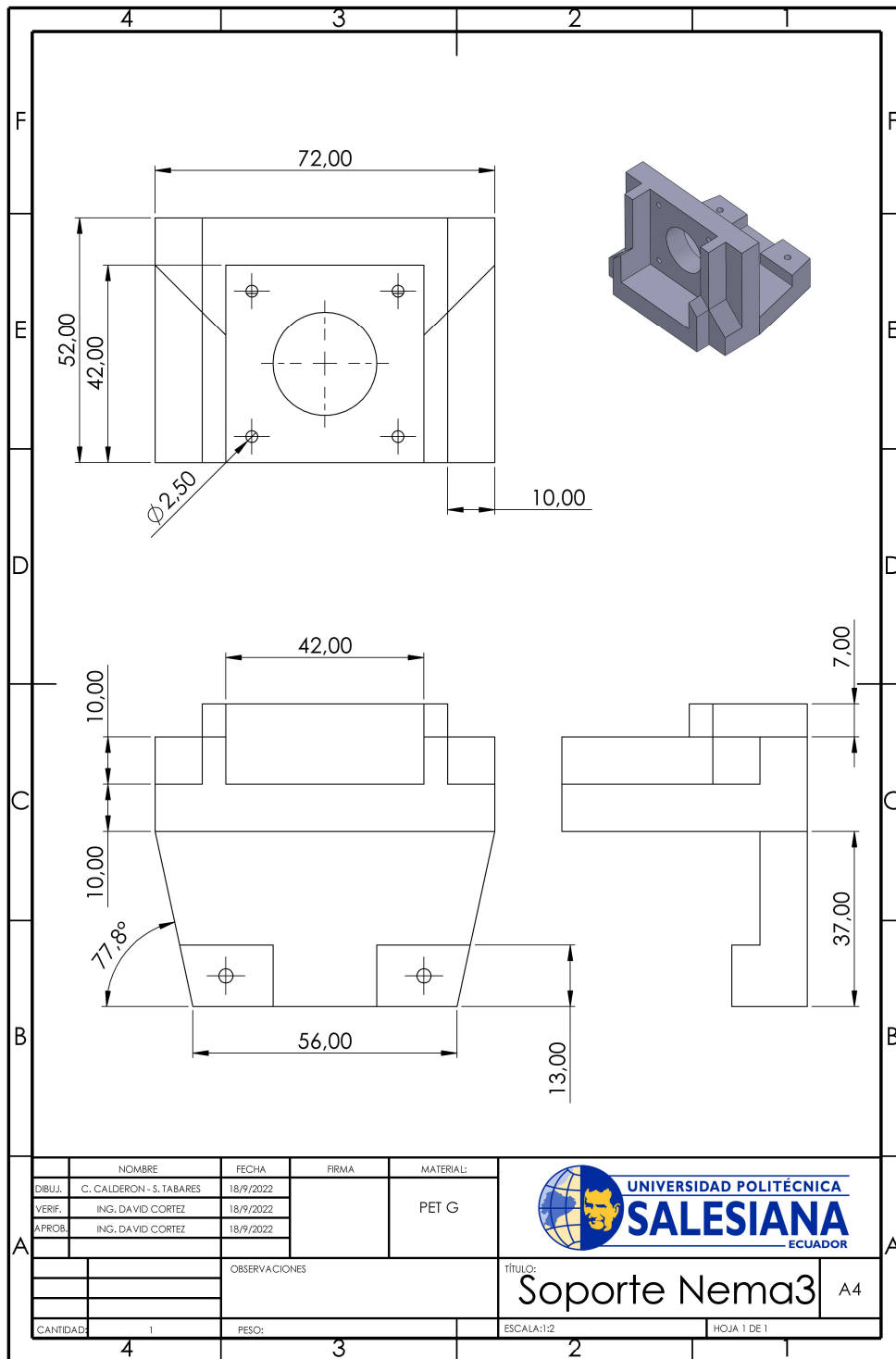
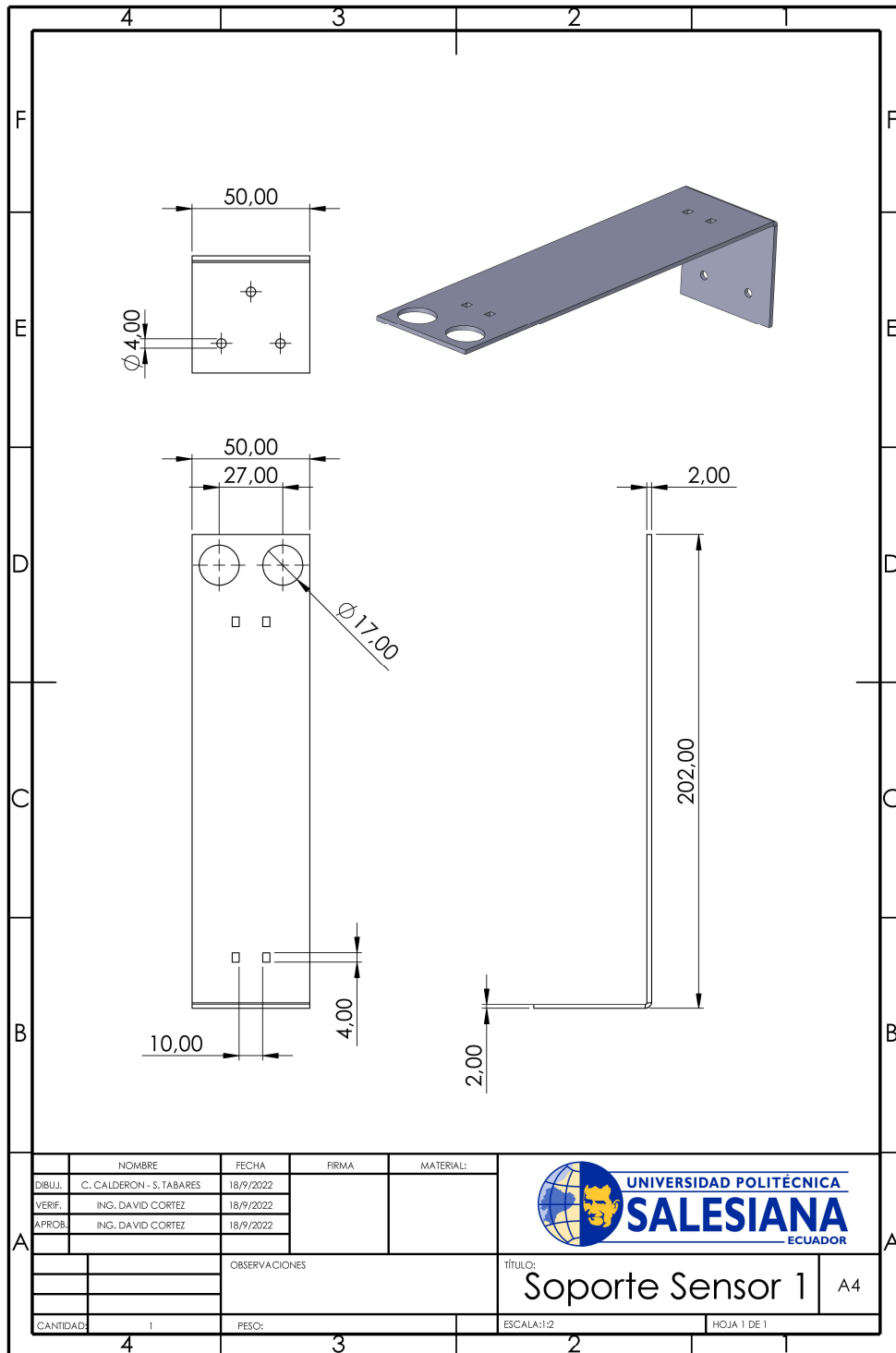
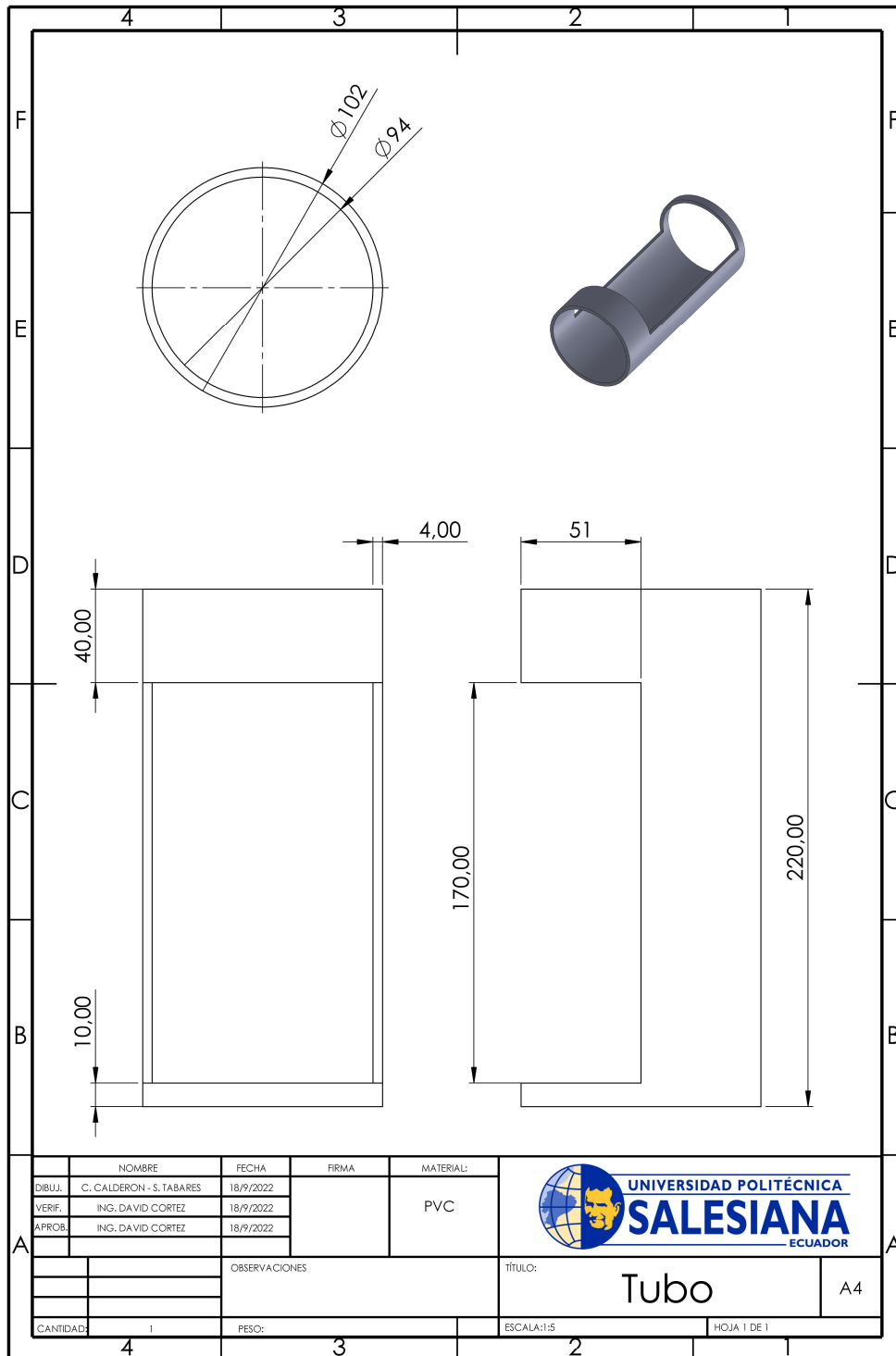


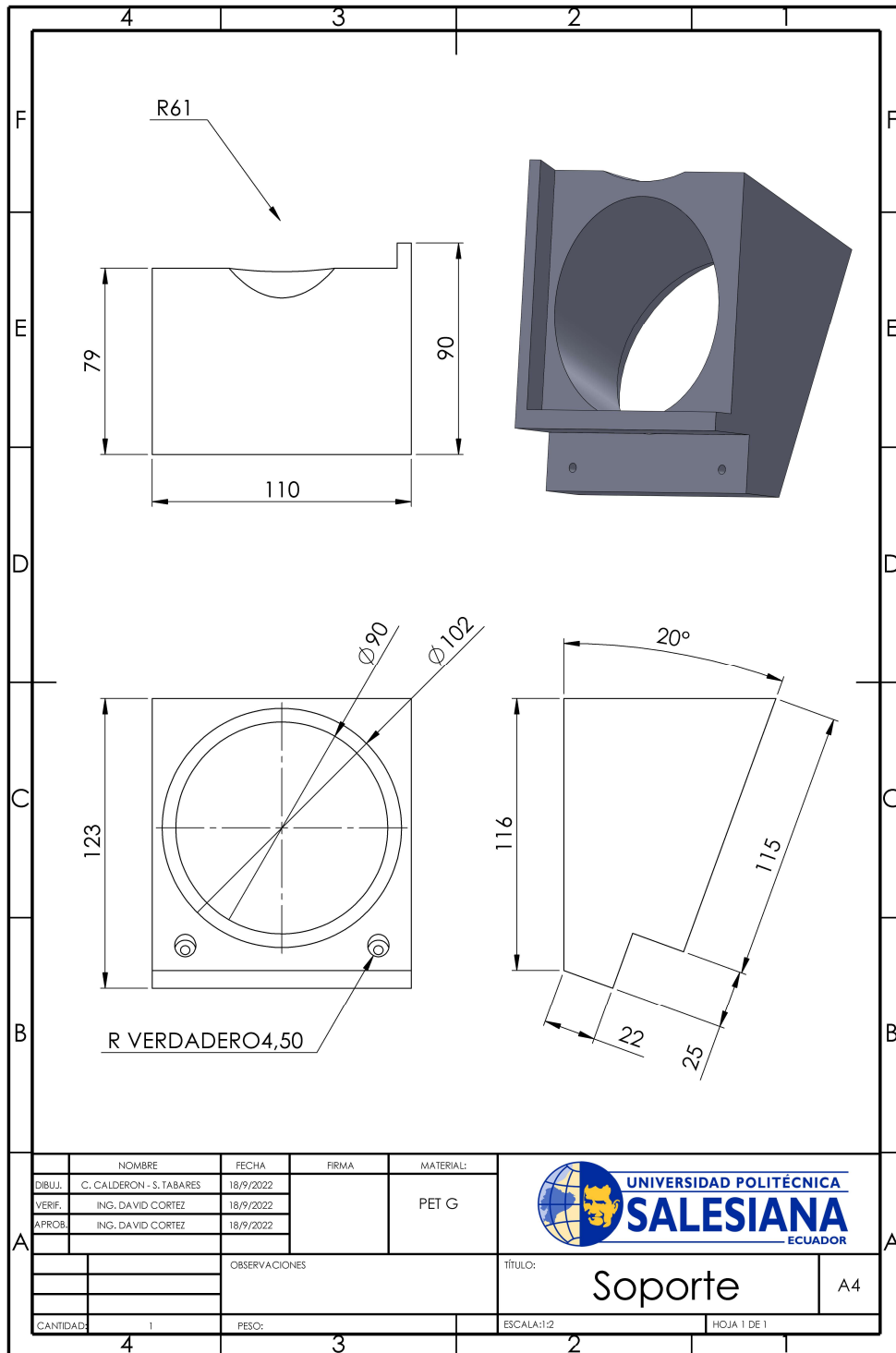
Figura 44.





	NOMBRE	FECHA	FIRMA	MATERIAL:
DIBUJ.	C. CALDERON - S. TABARES	18/9/2022		PVC
VERIF.	ING. DAVID CORTEZ	18/9/2022		
APROB.	ING. DAVID CORTEZ	18/9/2022		
OBSERVACIONES				TITULO: <b>Tubo</b>
CANTIDAD:	1	PESO:	ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1





	NOMBRE	FECHA	FIRMA	MATERIAL:
DIBUJ.	C. CALDERON - S. TABARES	18/9/2022		PET G
VERIF.	ING. DAVID CORTEZ	18/9/2022		
APROB.	ING. DAVID CORTEZ	18/9/2022		
OBSERVACIONES				TITULO:
				Soporte
CANTIDAD: 1				PESO:
ESCALA: 1:2				HOJA 1 DE 1

