



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

**DESARROLLO DE UNA SECADORA DE CACAO DE 500 LIBRAS  
POR LOTE**

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

AUTOR: LEONEL ALEXIS SUÁREZ QUIÑÓNEZ  
TUTOR: FRANKLIN ILLICH KUONQUÍ GAÍNZA

A handwritten signature in blue ink, reading 'Franklin Kuonquí', is located to the right of the author and tutor names.

Guayaquil - Ecuador

2025

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Leonel Alexis Suárez Quiñónez** con documento de identificación N° **0924071160** manifiesto que:

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

Guayaquil, 18 de Febrero del año 2025

Atentamente,



---

Leonel Alexis Suárez Quiñónez  
0924071160

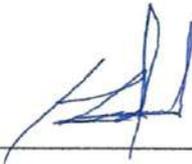
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Leonel Alexis Suárez Quiñónez con documento de identificación N° 0924071160 expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del **Dispositivo Tecnológico: DESARROLLO DE UNA SECADORA DE CACAO DE 500 LIBRAS POR LOTE**, 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, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 18 de Febrero del año 2025

Atentamente,



---

Leonel Alexis Suárez Quiñónez  
0924071160

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **FRANKLIN ILLICH KUONQUÍ GAÍNZA**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DESARROLLO DE UNA SECADORA DE CACAO DE 500 LIBRAS POR LOTE**, realizado por **Leonel Alexis Suárez Quiñónez** con documento de identificación N° **0924071160** 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, 18 de Febrero del año 2025

Atentamente,



---

Ing. **FRANKLIN ILLICH KUONQUÍ GAÍNZA**.  
0909627432

## DEDICATORIA

A mis amados padres, quienes me han acompañado desde mi infancia, ofreciéndome su amor incondicional y su constante apoyo. Gracias por ser mi sostén, por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia, y por confiar en mí incluso en los momentos más difíciles. Todo lo que soy y he logrado se lo debo a ustedes.

A mi amada novia, María Rendón desde el momento en que te conocí, has sido mi más grande apoyo. Has estado a mi lado en cada batalla interna, ayudándome a superarme y a crecer como persona. Eres mi fiel compañera, siempre presente en las buenas y en las malas, brindándome tu amor incondicional y tu comprensión infinita.

A mi hermano, mi compañero de vida y sueños. Prometo estar siempre a tu lado, apoyándote en todas tus buenas ideas y celebrando cada uno de tus logros. Tu creatividad y entusiasmo son una fuente de inspiración para mí.

A mis tíos, que aunque no están presentes a diario, cada vez que los veo me ofrecen su sabiduría y valiosos consejos. Gracias por ser una guía y por compartir conmigo sus experiencias y conocimientos.

A mis amigos, quienes han sido mi apoyo incondicional a lo largo de esta carrera. Gracias por las risas, por los momentos de estudio compartidos y por estar siempre ahí cuando más los necesitaba. De cada uno de ustedes he aprendido algo valioso que llevaré conmigo siempre.

Y finalmente, a mis tutores de la universidad, a quienes agradezco profundamente por toda su sabiduría compartida a lo largo de esta hermosa y duradera experiencia. Gracias por su paciencia, por sus enseñanzas y por motivarme a ser la mejor versión de mí mismo. Su guía ha sido fundamental en este camino de superación.

**Leonel Alexis Suárez Quiñónez**

## AGRADECIMIENTO

A Dios, mi padre celestial, quien nunca me abandonó en este camino y cada día fue una fuente de inspiración y fortaleza.

A mis padres, Leonel Suarez y Marlin Quiñonez, quienes son uno de mis pilares fundamentales. Ellos me han guiado con amor incondicional y apoyo constante en cada decisión de mi vida. Hoy más que nunca puedo afirmar que cada logro es fruto de nuestro esfuerzo conjunto.

A mi novia María Rendón no hay palabras suficientes para expresar lo agradecido que estoy por tenerte en mi vida. Eres mi inspiración, mi fuerza y mi razón para seguir adelante gracias por ser mi roca, mi confidente y mi mejor amiga. Te amo más de lo que las palabras pueden describir, y prometo estar siempre a tu lado, apoyándote y amándote con todo mi corazón.

A mi hermano, mi compañero de vida y sueños. Prometo estar siempre a tu lado, apoyándote en todas tus buenas ideas y celebrando cada uno de tus logros. Tu creatividad y entusiasmo son una fuente de inspiración para mí.

A mis tíos, que aunque no están presentes a diario, cada vez que los veo me ofrecen su sabiduría y valiosos consejos. Gracias por ser una guía y por compartir conmigo sus experiencias y conocimientos.

A mis amigos, quienes han sido mi apoyo incondicional a lo largo de esta carrera. Gracias por las risas, por los momentos de estudio compartidos y por estar siempre ahí cuando más los necesitaba. De cada uno de ustedes he aprendido algo valioso que llevaré conmigo siempre.

A mi tutor, Franklin Illich Kuonquí Gáinza, gracias por su orientación y conocimientos compartidos en cada etapa de la creación de esta tesis. Su guía ha sido fundamental en este camino de superación.

**Leonel Alexis Suárez Quiñónez**

## RESUMEN

Este estudio se centra en desarrollar un prototipo de máquina secadora de cacao con capacidad para 5 quintales, diseñado para mejorar la eficiencia del secado y evitar pérdidas económicas para los pequeños agricultores. La iniciativa responde a la necesidad de enfrentar las condiciones climáticas desfavorables y asegurar un producto de alta calidad.

El prototipo incluye componentes como un PLC Siemens LOGO, válvulas solenoides, ventiladores y un sistema de encendido automático. Se realizaron simulaciones y pruebas para verificar el correcto funcionamiento del sistema, asegurando que el proceso de secado sea eficiente y seguro. La máquina está fabricada con acero galvanizado ASTM A36, cumpliendo con las normas sanitarias y de calidad para productos alimenticios.

El proceso de secado tarda aproximadamente 1 hora y 30 minutos, y se verificó que el prototipo alcanza su temperatura máxima de secado en cinco minutos. El costo total del proyecto es de \$2,645.67, lo que representa una inversión viable para los pequeños agricultores.

**Palabras claves:** Prototipo, Máquina secadora de cacao, Pequeños agricultores, Condiciones climáticas desfavorables, Alta calidad, PLC Siemens LOGO, Válvulas solenoides, Ventiladores, Encendido automático, Simulaciones y pruebas, Acero galvanizado ASTM A36, Normas sanitarias, Proceso de secado, Temperatura máxima, Inversión viable, Recomendaciones, Seguridad, Sensor de temperatura.

## ABSTRACT

This study focuses on developing a prototype of a cocoa drying machine with a capacity of 5 quintals, designed to improve drying efficiency and prevent economic losses for small farmers. The initiative addresses the need to cope with unfavorable climatic conditions and ensure a high-quality product.

The prototype includes components such as a Siemens LOGO PLC, solenoid valves, fans, and an automatic ignition system. Simulations and tests were conducted to verify the correct functioning of the system, ensuring that the drying process is efficient and safe. The machine is made of galvanized steel ASTM A36, complying with sanitary and quality standards for food products.

The drying process takes approximately 1 hour and 30 minutes, and it was verified that the prototype reaches its maximum drying temperature in five minutes. The total cost of the project is \$2,645.67, representing a viable investment for small farmers.

**Keywords:** Prototype, Cocoa drying machine, Small farmers, Unfavorable climatic conditions, High quality, Siemens LOGO PLC, Solenoid valves, Fans, Automatic ignition, Simulations and tests, Galvanized steel ASTM A36, Sanitary standards, Drying process, Maximum temperature, Viable investment, Recommendations, Safety, Temperature sensor.

## ÍNDICE

<b>I. PROBLEMA</b>	1
<b>II. JUSTIFICACIÓN</b>	2
<b>III. OBJETIVOS</b>	3
III-A. Objetivo General . . . . .	3
III-B. Objetivos Específicos . . . . .	3
<b>IV. MARCO TEÓRICO</b>	4
IV-A. Antecedentes . . . . .	4
IV-B. Métodos Tradicionales . . . . .	4
IV-B1. Método de Secado Natural al Sol . . . . .	4
IV-B2. Movimiento de Energía Térmica y Movimiento de Componente de una Mezcla	4
IV-B3. Método de Secado Rohan . . . . .	5
IV-B4. Método de Esterillas . . . . .	5
IV-B5. Método de Secado Tipo Elba . . . . .	5
IV-B6. Método de Secado en Piso de Cemento . . . . .	5
IV-B7. Método de Pérgola y Túneles para la Deshidratación del Cacao . . . . .	6
IV-C. Método de Secado no Natural . . . . .	6
IV-D. Componentes Eléctricos y Electrónicos . . . . .	7
IV-D1. Motor eléctrico Monofásico . . . . .	7
IV-D2. Válvula Solenoide . . . . .	8
IV-E. Diseño y Componentes Mecánicos . . . . .	8
IV-E1. Cilindro . . . . .	8
IV-E2. Ventilador Axial . . . . .	9
IV-E3. Marco de soporte de Estructura . . . . .	10
IV-E4. Tratamiento Antioxidante . . . . .	10
IV-E5. Pintura Martillada Industrial Marina. . . . .	11
IV-E6. Sistema Intercambiador de Calor . . . . .	12
IV-E7. Quemador a Gas . . . . .	12
<b>V. METODOLOGÍA</b>	14
V-A. Esquema del Diseño la Secadora de Cacao. . . . .	15
V-B. Cilindro ASTM A36 . . . . .	16
V-C. Diseño Mecánico de la Secadora . . . . .	16
V-D. Tratamiento antióxido . . . . .	20
V-E. Pintura martillada industrial marina . . . . .	20
V-F. Sistema intercambiador de calor . . . . .	20
V-G. Quemador a gas . . . . .	22
V-H. Hogar de combustión . . . . .	22
V-I. Partes del control del sistema . . . . .	23
V-J. Características principales: . . . . .	23
V-K. Motor Eléctrico Monofásico . . . . .	24
V-L. Diseño Eléctrico, Diagrama de Fuerza, Mando y Control . . . . .	25
V-M. Protección por medio de válvula solenoide . . . . .	30

<b>VI. Resultados</b>	31
VI-A. Cama de secado . . . . .	31
VI-B. Unión de Ventilador con Chimenea . . . . .	31
VI-C. Módulo de Control Abierto . . . . .	32
VI-D. Secadora de cacao ensamblada . . . . .	33
<b>VII. CRONOGRAMA</b>	34
<b>VIII. PRESUPUESTO</b>	35
<b>IX. CONCLUSIONES</b>	36
<b>X. RECOMENDACIONES</b>	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Método de cacao en lona, fuente: El autor. . . . .	5
2.	Método de esterilla, fuente: El autor. . . . .	5
3.	Tendido de cacao en la calzada, fuente: El autor. . . . .	6
4.	Motor monofásico [19]. . . . .	7
5.	Válvula solenoide [20]. . . . .	8
6.	Cilindro intercambiador de calor [21]. . . . .	9
7.	Ventilador axial/helicoidal [22]. . . . .	9
8.	Placa de acero para estructura [23]. . . . .	10
9.	Protección intensa contra el óxido [24]. . . . .	10
10.	Pintura industrial marina [25]. . . . .	11
11.	Intercambiador de calor [26]. . . . .	12
12.	Quemador a gas [27]. . . . .	12
13.	Metodología para desarrollar una secadora de cacao para 500 libras por lote, fuente: El autor. . . . .	14
14.	Esquema del diseño la secadora de cacao, fuente: El autor. . . . .	15
15.	Acero ASTM A 36, fuente: El autor. . . . .	16
16.	Prototipo cama de secadora de cacao. fuente: El autor. . . . .	16
17.	Prototipo de la tubería de secadora de cacao, fuente: El autor. . . . .	17
18.	Panorama superior interna de filtración de la secadora para cacao, fuente: El autor. . . . .	17
19.	Ventilador axial 5 aspas [29]. . . . .	18
20.	Motor monofásico 1/2 [hp] [30]. . . . .	19
21.	Tratamiento antioxidante [32]. . . . .	20
22.	Pintura martillada [33]. . . . .	20
23.	Sistema intercambiador de calor, fuente: El autor. . . . .	21
24.	Sistema intercambiador de calor, fuente: El autor. . . . .	21
25.	Quemador a gas con chispero [35]. . . . .	22
26.	Hogar de combustión, fuente: El autor. . . . .	23
27.	PLC SIEMENS LOGO[37]. . . . .	24
28.	Partes de un motor monofásico[38]. . . . .	24
29.	Motor monofásico [39]. . . . .	25
30.	Circuito del prototipo de máquina secadora para cacao, fuente: El autor. . . . .	25
31.	Verificación de la conexión, fuente: El autor. . . . .	26
32.	Verificación de la ip con la computadora, fuente: El autor. . . . .	26
33.	Verificación correcta de la conexión, fuente: El autor. . . . .	27
34.	Subida de los datos al PLC SIEMENS LOGO, fuente: El autor. . . . .	27
35.	Correr el programa en el LOGO, fuente: El autor. . . . .	28
36.	Subida del programa al LOGO al 100%, fuente: El autor. . . . .	28
37.	Simulación del programa, fuente: El autor. . . . .	29
38.	Proceso de encendido de el ventilador y la solenoide, fuente: El autor. . . . .	29
39.	Proceso de enfriamiento, fuente: El autor. . . . .	30
40.	Válvula solenoide [40] . . . . .	30
41.	Cama de secado, fuente: El autor. . . . .	31
42.	chispero y motor, fuente: El autor. . . . .	32
43.	Módulo de control abierto, fuente: El autor. . . . .	32
44.	Módulo de control cerrado, fuente: El autor. . . . .	33
45.	Secadora de cacao ensamblada, fuente: El autor. . . . .	33

ÍNDICE DE TABLAS

I.	Cronograma de Actividades, fuente: El autor. . . . .	34
II.	Presupuesto, fuente: El autor. . . . .	35

## I. PROBLEMA

Ecuador es conocido principalmente por ser un importante productor y exportador de una variedad de productos agrícolas. Entre estos, el cacao destaca por la alta calidad de sus semillas, teniendo en cuenta que su valor en baba es de 160 dólares el quintal y seco de hasta 460 dólares [1]. Lo que ha llevado a su uso por grandes fabricas de chocolate a nivel global. Además, la semilla de cacao fue el principal recurso económico y social de Ecuador durante casi un siglo antes del auge petrolero. A pesar de ésto, su producción y exportación a diversas compañías transnacionales continúa. Desde la década de 1980, esta actividad ha generado ingresos significativos para el país [2]. En la parroquia 5 de Agosto, localizada en el cantón Quininde de la provincia de Esmeraldas, la práctica del secado de semillas de cacao mediante tendido sigue siendo una costumbre común entre los habitantes. A pesar de que, esta técnica tradicional presenta desafíos significativos debido a la variabilidad climática de la región.

El clima en la Provincia Esmeraldas Cantón Quininde Parroquia Malinpia Recinto 5 de Agosto, presenta desafíos significativos para el proceso de secado del cacao. Según el instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Esmeraldas experimenta condiciones climáticas variables, con una tendencia a la nubosidad parcial y temperaturas que oscilan entre los 24°C y 29°C [3]. Estas condiciones pueden afectar negativamente la eficiencia del secado del cacao, un proceso crucial para mantener la calidad del producto final. La alta humedad relativa y las frecuentes lloviznas en la región [4] complican aún más el secado natural del cacao, prolongando el tiempo necesario para alcanzar los niveles óptimos de humedad. Ésto no solo incrementa los costos de producción, sino que también puede comprometer la calidad del cacao, afectando su sabor y aroma.

Además, los frecuentes cortes de energía eléctrica en la zona representan un problema significativo para cualquier proceso industrial de secado. Estos cortes no solo interrumpen el funcionamiento de las máquinas, sino que también pueden causar daños a los equipos, comprometiendo su eficiencia y durabilidad.[5].

El proceso de secado presenta riesgos significativos de incendio, los cuales deben ser considerados en el desarrollo de una secadora eficiente y segura. Según datos recientes, los incendios en secadoras son una de las principales causas comunes de incendios que se dan en instalaciones de procesamiento de alimentos[6]. La acumulación de polvo de cacao, que contiene entre un 10% y un 20% de grasa, puede ser altamente inflamable y difícil de extinguir una vez que se inicia un incendio[7].

## II. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de una secadora de cacao con capacidad para 500 libras, que incorpore un sistema de protección mediante una válvula solenoide en caso de fallas eléctricas, representa una solución innovadora y necesaria. Este proyecto tiene el potencial de transformar significativamente el procedimiento de secado del cacao en el recinto 5 de Agosto, en el cantón Quininde.

Al mejorar la eficiencia del secado, se asegura que las semillas de cacao alcancen el nivel adecuado de humedad, lo que es crucial para mantener la alta calidad del producto. Esto no solo beneficiará a los productores locales al aumentar el valor de su cacao, sino que también mejorará la competencia del cacao ecuatoriano en los diferentes mercados internacionales.

Además, la implementación de un sistema de protección mediante una válvula solenoide es una medida esencial para certificar la seguridad y persistencia del proceso del secado en caso de fallos en el servicio de energía eléctrica.

Adicionalmente se incorporara un respaldo energético que evitara pérdidas significativas tanto en términos de producción como de calidad de cacao. La válvula solenoide actuará como un mecanismo de seguridad que interrumpirá el gas en caso de una falla eléctrica, previniendo posibles accidentes y daños a la maquinaria. Esta innovación no solo protegerá la inversión en equipos, sino que también garantizará un proceso de secado más seguro y confiable.

Por otra parte el sistema contara con un UPS

### III. OBJETIVOS

#### *III-A. Objetivo General*

Implementar una secadora de cacao con capacidad de 500 libras por lote considerando las condiciones climáticas en su diseño para el incremento de la productividad en una plantación familiar.

#### *III-B. Objetivos Específicos*

- Diseñar la secadora de cacao considerando la capacidad requerida y las condiciones ambientales.
- Construir la secadora usando los diseños elaborados.
- Verificar el correcto funcionamiento del dispositivo mediante pruebas de campo.

## IV. MARCO TEÓRICO

En esta sección se presenta información obtenida a través de una investigación bibliográfica, la cual permite explorar diversos temas relacionados con el proyecto. Estos temas incluyen el secado del cacao, las normativas para trabajar en ambientes explosivos, los componentes eléctricos y el software necesario para realizar esta tarea. La investigación también abarca el análisis de las condiciones climáticas y los patrones de cortes de energía en la parroquia 5 de Agosto, así como el diseño y funcionamiento de la válvula solenoide para asegurar la seguridad en caso de fallas eléctricas.

### IV-A. Antecedentes

Para cumplir con los estándares básicos de un secado de cacao de alta calidad, es esencial considerar los requisitos previamente mencionados, como la temperatura de secado y la humedad que debe tener el grano al finalizar el proceso. Por lo tanto, al diseñar el prototipo de secadora de cacao, estas dos variables deben ser las principales del procedimiento, con el fin de lograr un secado uniforme del cacao en el menor tiempo posible y así evitar pérdidas en la producción de los agricultores.

La fase de secado tiene como objetivo reducir el porcentaje de humedad en los granos de cacao fermentados desde el 60 % hasta un valor entre el 6 % y el 7 % para asegurar buenas condiciones de conservación. Este rango de humedad es crucial, ya que si el valor de humedad del grano es inferior al 6 %, se producen granos con cáscara quebradiza. Por otro lado, si el valor es superior al 8 %, el grano es propenso al desarrollo de mohos y a generar acidez durante su almacenamiento y transporte [8].

Por estas razones, es crucial conocer y seleccionar el método de secado de cacao adecuado, ya que existen diversas técnicas y aplicaciones. En general, los expertos clasifican los métodos de secado de cacao en dos categorías: métodos tradicionales, que utilizan la radiación solar, y métodos modernos, que emplean un secado artificial mediante calor forzado [5].

### IV-B. Métodos Tradicionales

El deshidratado es crucial para facilitar el transporte, manipulación, almacenamiento y comercialización del grano de cacao. Después de la fermentación, el cacao retiene aproximadamente un 55 % de humedad, la cual debe reducirse a un rango entre el 6 % y el 8 % para asegurar su venta o almacenamiento por un período prolongado. El cacao puede deshidratarse de manera natural o artificial [9].

*IV-B1. Método de Secado Natural al Sol:* El secado solar se fundamenta en el uso de la radiación solar, que ofrece una temperatura adecuada para la continuación de ciertos cambios que no se completaron en las almendras durante la fermentación. Este método de deshidratado dura entre 4 y 6 días, utilizando suelos de madera o esteras de bambú rajado [10].

*IV-B2. Movimiento de Energía Térmica y Movimiento de Componente de una Mezcla:* En muchas regiones del mundo, los centros de acopio y procesamiento de cacao utilizan principalmente la radiación solar como fuente de energía para el secado. En algunos casos, el cacao se deshidrata directamente al sol, mientras que en otros se seca dentro de marquesinas o túneles plásticos, donde la temperatura aumenta y se evita la entrada directa de la humedad ambiental.

En el secado de cacao, al igual que en otros granos, se producen dos procesos: la transferencia de calor y la transferencia de masa. En la transferencia de masa, una corriente de aire con baja humedad circula alrededor de los granos y arrastra la humedad evaporada, provocando que la humedad del grano fluya desde el interior hacia el exterior [11].

*IV-B3. Método de Secado Rohan:* Este método puede llevarse a cabo en camillas o bandejas Rohan, donde se distribuye el cacao y se expone al sol sobre soportes colocados a una altura aproximada de 50 centímetros, evitando así la influencia de la humedad del suelo [12].

*IV-B4. Método de Esterillas:* Otra manera de secar cacao al sol en pequeñas plantaciones es utilizando tendales o esterillas de bambú, como se muestra en la figura 1. Estas esterillas se disponen de manera que puedan enrollarse y desenrollarse para secar o almacenar el cacao, según sea necesario [12].



Figura 1: Método de cacao en lona, fuente: El autor.

*IV-B5. Método de Secado Tipo Elba:* Para plantaciones relativamente grandes, se sugiere la instalación del sistema de secado tipo Elba. Este sistema está compuesto por varios carros o camillas de madera deslizables sobre rieles, como se muestra en la figura 2, protegidos con un techo fijo o móvil [13].



Figura 2: Método de esterilla, fuente: El autor.

*IV-B6. Método de Secado en Piso de Cemento:* En Ecuador, el método de secado más común es el uso de patios de cemento, ladrillo o madera, como se muestra en la figura 3. El cacao obtenido mediante este método se seca meticulosamente a una temperatura que no supere los 50°C, moviéndolo constantemente. Esto da como resultado un cacao de mejor calidad, con un aroma más fino y un color más atractivo y claro [14].



Figura 3: Tendido de cacao en la calzada, fuente: El autor.

*IV-B7. Método de Pérgola y Túneles para la Deshidratación del Cacao:* El secado en pérgola o túneles para el secado natural de cacao consiste en estructuras de madera o metal cubiertas con plástico especial o policarbonato, que permiten el paso de la radiación solar. Este método es especialmente útil en zonas productoras donde las precipitaciones son continuas durante el periodo de cosecha del cacao [15].

#### *IV-C. Método de Secado no Natural*

Los procesos de secado de cacao mediante tecnologías avanzadas reemplazan las tareas manuales tradicionales con sistemas específicos, reduciendo significativamente los tiempos de secado y permitiendo a los productores enfocarse en actividades estratégicas más importantes.

Esta modernización no solo mejora la eficiencia del proceso, sino que también asegura una calidad superior del cacao, optimizando así la producción y la competitividad en el mercado global [16].

Dado el creciente nivel de competencia en el ámbito industrial, el proceso se ha convertido en un enfoque de gestión cada vez más adoptado por el recinto 5 de Agosto y por las empresas, independientemente de su campo de especialización, tamaño o escala de producción. Este enfoque permite gestionar operaciones, datos, información y recursos mediante mecanismos y software especializado, reduciendo la necesidad de intervención humana en el proceso [17].

Este tipo de equipo es muy utilizado por los productores de cacao debido a su eficiencia en el tiempo de deshidratado y ahorro de energía. La remoción del grano se realiza de forma manual, ya sea con palas de madera o de metal. El diseño de la secadora ofrece un buen rendimiento en términos de productividad. La máquina cuenta con una cámara de deshidratado en la parte trasera, y el material para su ensamblaje puede ser de acero inoxidable o galvanizado, dado que se trata de un producto alimenticio. Además, dispone de un control de llama para regular la temperatura. El combustible que se suele utilizar para el equipo es GLP o

diésel. También cuenta con compuertas para la limpieza del producto.

La norma UNE-EN IEC 60079-0 se refiere a los requisitos generales para la construcción, ensayo y marcado de equipos y componentes destinados a usarse en atmósferas explosivas. Esta norma establece las condiciones atmosféricas normales bajo las cuales se puede asumir que el equipo puede operarse incluyendo:

Temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $+60^{\circ}\text{C}$ .

Presión de 80 kPa a 100 kPa.

Aire con contenido normal de oxígeno, generalmente 21 % v/v.

Además, la norma especifica requisitos adicionales de ensayo para equipos operados fuera del rango de temperatura normal y puede requerir más consideraciones para equipos operados fuera del rango de presión atmosférica normal y contenido de oxígeno normal.

Esta sección de la norma y otras regulaciones que la complementan especifican requisitos adicionales de prueba para equipos Ex operados fuera del rango de temperatura estándar, pero se puede requerir más consideración y pruebas adicionales para equipos operados fuera del rango de presión atmosférica estándar y contenido de oxígeno habitual. Dichas pruebas adicionales pueden ser particularmente relevantes con respecto a los modos de protección que dependen de la extinción de una llama, tales como “envolvente antideflagrante”, “d” (Norma IEC 60079-1) o limitación de energía, “seguridad intrínseca” “i” (Norma IEC 60079-11) [18].

#### *IV-D. Componentes Eléctricos y Electrónicos*

*IV-D1. Motor eléctrico Monofásico:* Estos motores son ampliamente utilizados en aplicaciones industriales y domésticas debido a su simplicidad y eficiencia como se muestra en la figura 4. En el contexto de una secadora de cacao rectangular, el motor monofásico desempeña un papel crucial en el funcionamiento del sistema de secado.



Figura 4: Motor monofásico [19].

Un motor monofásico opera utilizando una sola fase de corriente alterna (CA). La corriente alterna crea un campo magnético alterno en el estátor del motor, lo que induce una corriente en el rotor. Esta corriente inducida genera su propio campo magnético, que interactúa con el campo del estátor, produciendo un par de torsión que hace girar el rotor.

- Estátor: La parte fija del motor, conocida como el estátor, contiene las bobinas de alambre. Estas bobinas están conectadas a la fuente de alimentación monofásica.
- Rotor: La parte móvil del motor, conocida como el rotor, gira dentro del estátor. Generalmente está fabricada con laminaciones de acero y barras de aluminio o cobre.

- Capacitor de arranque: Utilizado en algunos motores monofásicos, un condensador de arranque proporciona un par de arranque adicional. Este dispositivo almacena energía eléctrica y la libera de manera controlada para ayudar a iniciar el motor, especialmente en condiciones de carga.
- Interruptor centrífugo: El interruptor centrífugo desconecta el capacitor de arranque una vez que el motor alcanza una velocidad predeterminada. Este mecanismo asegura que el motor funcione de manera eficiente y segura después del arranque inicial.

*IV-D2. Válvula Solenoide:* Una válvula solenoide es un dispositivo electromecánico que controla el flujo de líquidos o gases en diversas aplicaciones como se puede ver en la siguiente figura 5 . Opera mediante un solenoide, que es una bobina de alambre que crea un campo magnético cuando se aplica corriente eléctrica. Este campo magnético desplaza un émbolo o pistón dentro de la válvula, permitiendo o bloqueando el paso del fluido.



Figura 5: Válvula solenoide [20].

Funcionamiento:

- Activación: Cuando se aplica una corriente eléctrica a la bobina, se genera un campo magnético que atrae el émbolo hacia arriba, abriendo la válvula en el caso de una válvula normalmente cerrada (NC) o cerrándola en el caso de una válvula normalmente abierta (NO).
- Desactivación: Al cortar la corriente, el campo magnético desaparece y un resorte devuelve el émbolo a su posición original, cerrando la válvula en el caso de una válvula normalmente cerrada (NC) o abriéndola en el caso de una válvula normalmente abierta (NO).

Las válvulas solenoides se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo:

- Sistemas de riego: Controlan el flujo de agua en sistemas de riego automático.
- Automoción: Regulan el flujo de combustible y otros fluidos en vehículos.
- Procesos industriales: Controlan el flujo de gases y líquidos en procesos de manufactura y tratamiento de agua.

#### *IV-E. Diseño y Componentes Mecánicos*

*IV-E1. Cilindro:* Funciona como un componente crucial para el proceso de secado como lo demuestra la figura 6.

Su principio de funcionamiento:



Figura 6: Cilindro intercambiador de calor [21].

- Transporte de calor y gas: El cilindro funciona como un conducto para el fuego y el gas, distribuyendo el calor de manera uniforme a lo largo de la secadora.
- Intercambio de calor: A medida que el flujo de gas aumenta, la llama se intensifica, lo que permite una mayor distribución del calor y reduce las partículas de agua dentro de la tubería, optimizando así el proceso de secado.
- Control de temperatura: Se regula meticulosamente la temperatura dentro del cilindro para garantizar un secado uniforme del material, evitando cualquier sobrecalentamiento.
- Además la eficiencia energética se incrementa gracias al diseño cilíndrico, que asegura una distribución homogénea del calor y mejora el proceso de secado.

*IV-E2. Ventilador Axial:* Un ventilador axial es un aparato que desplaza aire y gases a lo largo de un eje mediante palas rotatorias que se asemejan a hélices como se visualiza en la figura 7.

Los principio de Funcionamiento de un ventilador axial son:



Figura 7: Ventilador axial/helicoidal [22].

- Movimiento del aire: El aire se mueve hacia dentro y hacia fuera del ventilador en una trayectoria paralela al eje de la hélice. Las palas rotatorias dirigen el aire en la misma dirección del giro del ventilador.
- Ecuaciones de Flujo: Aplica la ecuación de continuidad y el principio de Bernoulli para mejorar el flujo de aire, garantizando un movimiento eficiente y uniforme del mismo.

Las funcionalidades de un ventilador axial son:

- Alta eficiencia: Los ventiladores axiales son altamente eficaces para desplazar grandes volúmenes de aire en situaciones que requieren ventilación eficiente sin necesidad de alta presión.
- Diseño Compacto: Gracias a su diseño compacto, puede instalarse en diversas posiciones y en espacios reducidos.
- Aplicaciones Diversas: Son comúnmente empleados en aplicaciones industriales, comerciales y domésticas, tales como sistemas de ventilación, refrigeración y extracción de aire.

*IV-E3. Marco de soporte de Estructura:* La estructura del marco de soporte como se demuestra en la figura 8 es esencial en múltiples aplicaciones estructurales, gracias a sus propiedades mecánicas y su versatilidad.



Figura 8: Placa de acero para estructura [23].

Los principios de funcionamiento del marco de soporte de estructura:

- **Resistencia y durabilidad:** El acero ASTM A36 destaca por su alta resistencia a la tracción y durabilidad, lo que lo convierte en una opción ideal para soportar cargas pesadas y resistir el desgaste en aplicaciones estructurales.
- **Soldabilidad y conformabilidad:** Este tipo de acero se caracteriza por su facilidad para ser soldado y conformado con gran precisión.

La función del marco de soporte de estructura:

- **Soporte estructural:** Los marcos de soporte estructural son ampliamente utilizados en la construcción de edificios, puentes y otras infraestructuras. Ofrecen estabilidad y resistencia, garantizando que las estructuras puedan soportar tanto cargas estáticas como dinámicas.
- **Versatilidad en aplicaciones:** Este acero puede emplearse en diversas formas, como vigas, columnas y canales en U, adaptándose a distintas necesidades estructurales.
- **Facilidad de trabajo:** La facilidad para cortar, soldar y mecanizar este acero simplifica los procesos de fabricación y montaje, disminuyendo costos y tiempos de construcción.

*IV-E4. Tratamiento Antioxidante:* El tratamiento antioxidante como se demuestra en la figura 9 es esencial para proteger el material de la corrosión y extender su vida útil.



Figura 9: Protección intensa contra el óxido [24].

- **Protección contra la corrosión:** Los tratamientos antioxidantes forman una barrera protectora en la superficie del acero, impidiendo que el oxígeno y la humedad entren en contacto con el metal y provoquen oxidación.
- **Métodos comunes:** Los métodos más habituales incluyen el galvanizado, la aplicación de pintura antioxidante y el uso de inhibidores de corrosión.

Funcionalidad:

- Galvanizado: Este proceso consiste en recubrir el acero con una capa de zinc, que funciona como una barrera física y ofrece protección catódica, ya que el zinc se corroe en lugar del acero.
- Pintura antioxidante: La aplicación de una capa de pintura antioxidante sella la superficie del acero, protegiéndolo de la humedad y otros agentes corrosivos.
- Inhibidores de corrosión: Estos productos químicos se aplican sobre la superficie del acero para evitar la formación de óxido mediante la inhibición de las reacciones químicas que provocan la corrosión.

*IV-E5. Pintura Martillada Industrial Marina.:* La pintura martillada marina industrial como se demuestra en la figura 10 es un recubrimiento que ofrece una textura distintiva y una protección sólida contra la corrosión, siendo ideal para entornos marinos.

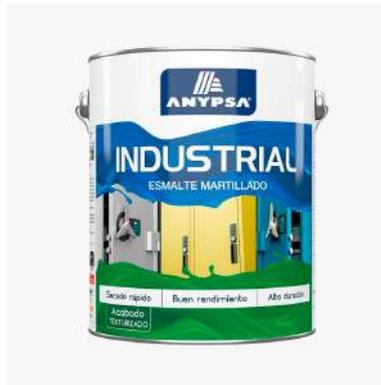


Figura 10: Pintura industrial marina [25].

Principios de la pintura Martillada

- Textura martillada: Este recubrimiento incluye aditivos que generan un efecto visual de “martillado”, ayudando a ocultar las imperfecciones de la superficie.
- Resinas y pigmentos: Esta pintura está compuesta de resinas alquídicas modificadas y pigmentos duraderos, ofreciendo una protección robusta contra los elementos.

Funcionamiento:

- Aplicación: Por lo general, la pintura martillada se aplica con un soplete para lograr una textura uniforme. Es adecuada para superficies metálicas que han sido previamente tratadas con un anticorrosivo.
- Protección contra la corrosión: La composición de la pintura incorpora inhibidores de corrosión que resguardan el metal subyacente de la oxidación y el deterioro provocado por el entorno marino.
- Durabilidad y estética: Además de su capacidad protectora, la pintura martillada proporciona un acabado estético brillante y atractivo, siendo ideal para maquinaria, equipos y estructuras metálicas en entornos marinos.
- Equipos y maquinaria: Se emplea para proteger y embellecer equipos y maquinaria que están expuestos a condiciones marinas.
- Estructuras metálicas: Ideal para estructuras metálicas en puertos, barcos y plataformas marinas.

*IV-E6. Sistema Intercambiador de Calor:* Un intercambiador de calor es un dispositivo que transfiere calor de un fluido a otro sin permitir que se mezclen como se demuestra en la figura 11.



Figura 11: Intercambiador de calor [26].

Principio de Funcionamiento.

- Transferencia de calor: El intercambiador de calor facilita la transferencia de energía térmica entre dos fluidos a distintas temperaturas, utilizando una pared conductora que los separa.
- Mecanismos de transferencia: La transferencia de calor se realiza mediante tres mecanismos principales:
  - Conducción: El calor se transfiere a través de la pared sólida que mantiene separados los fluidos.
  - Convección: El calor se transfiere entre la superficie de la pared y los fluidos en movimiento.
  - Radiación: En ciertas situaciones, el calor se transfiere mediante ondas electromagnéticas.

Funcionamiento:

- Configuraciones de flujo: Los intercambiadores de calor pueden configurarse en diferentes tipos de flujo, como flujo paralelo, contraflujo y flujo cruzado, para optimizar la eficiencia del intercambio térmico.
- Intercambio de energía térmica: Durante el funcionamiento, los fluidos interactúan a través de la superficie de intercambio de calor. El fluido más caliente transfiere su energía térmica al fluido más frío, calentándolo mientras se enfría.
- Eficiencia: La eficiencia de un intercambiador de calor está determinada por su diseño, las propiedades de los fluidos y las condiciones de operación.

Los intercambiadores de calor se emplean en una variedad de aplicaciones, tales como sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), procesos industriales y sistemas de refrigeración.

*IV-E7. Quemador a Gas:* Un quemador de gas es un dispositivo que facilita la combustión controlada de combustibles gaseosos, tales como gas natural, propano o butano como se demuestra en la figura 12.



Figura 12: Quemador a gas [27].

Principios de funcionamiento:

- Alimentación de combustible: El suministro de gas al quemador proviene de un tanque de almacenamiento o se conecta directamente a la línea de gas.
- Suministro de aire: El aire requerido para la combustión se proporciona al quemador a través de ventiladores o mediante un sistema de tiro natural.
- Mezcla y combustión: En la cámara de combustión del quemador, el gas y el aire se combinan. Esta mezcla se enciende utilizando una chispa o un encendedor piloto.

Funcionamiento:

- Encendido: El gas se combina con el aire en las proporciones correctas y se enciende, generando una llama estable.
- Control de la llama: La intensidad de la llama se regula mediante el control de la cantidad de gas y aire suministrados al quemador.
- Seguridad: Los quemadores actuales cuentan con dispositivos de seguridad que cortan el suministro de gas en caso de que la llama se extinga accidentalmente.

Los quemadores de gas se emplean en diversas aplicaciones, que van desde sistemas de calefacción residencial y comercial hasta hornos industriales.

## V. METODOLOGÍA

El propósito de esta sección es detallar los pasos y metodologías necesarias como se muestra en la figura 13 para diseñar una secadora de cacao con capacidad para procesar 500 libras por lote.



Figura 13: Metodología para desarrollar una secadora de cacao para 500 libras por lote, fuente: El autor.

La investigación se realizará utilizando un enfoque tanto cuantitativo como cualitativo. El enfoque cuantitativo permitirá medir y analizar datos específicos relacionados con el rendimiento y la eficiencia de la secadora de cacao. Por otro lado, el enfoque cualitativo proporcionará una comprensión más profunda de las experiencias y percepciones de los productores de cacao en la parroquia 5 de Agosto.

#### V-A. Esquema del Diseño la Secadora de Cacao.

En la siguiente figura 14 los componentes se dividen en:

- Tubería de combustión.
- Cámara de combustión.
- Ingreso para tubería de gas.
- Ventilador axial.
- Cámara de componentes eléctricos y electrónicos.
- Chimenea.
- Cámara de desperdicios.
- Malla de filtración.

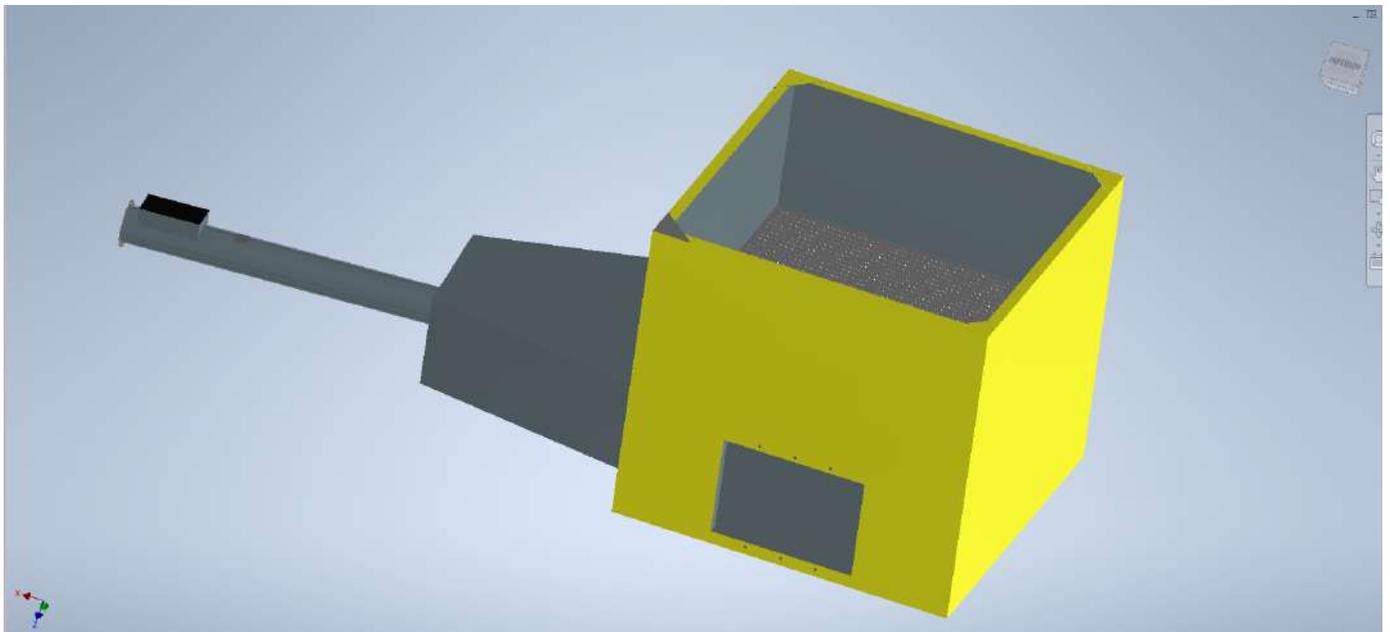


Figura 14: Esquema del diseño la secadora de cacao, fuente: El autor.

El prototipo de la secadora será validado mediante pruebas de campo en la parroquia 5 de agosto secando varios lotes de 500 Kg de cacao.

En dichas pruebas se verificará el correcto funcionamiento de los componentes de la secadora como son el chispero automático, la válvula solenoide, la resistencia mecánica de la estructura y el temporizador de encendido de cada componente.

Se elaborará un cronograma detallado que incluirá todas las etapas del proyecto, desde la construcción del prototipo hasta la recolección y análisis de datos, y la validación final. Este cronograma asegurará que todas las actividades se realicen de manera organizada y dentro de los plazos establecidos.

### V-B. Cilindro ASTM A36

El cilindro que constituye el cuerpo del túnel de aire caliente está fabricado con láminas de acero ASTM A36, como se observa en la figura 15. Este acero es conocido por su buena resistencia, durabilidad y poco nivel de oxidación o corrosión por lo que es perfecto para implementaciones industriales como es la construcción de secadoras de cacao. El acero ASTM A36 es un elemento estructural de bajo carbono que ofrece una excelente combinación de resistencia, ductilidad y fácil de usar en fabricación de equipos industriales. Estas propiedades aseguran que el cilindro pueda soportar las condiciones operativas del proceso de secado, incluyendo las variaciones de temperatura y la exposición a la humedad. [28].



Figura 15: Acero ASTM A 36, fuente: El autor.

### V-C. Diseño Mecánico de la Secadora

El prototipo estará equipado con una cama rectangular con capacidad para 5 quintales, construida con acero ASTM A36. Las dimensiones de la cama serán de 1.20 metros de altura y 1.31 metros de anchura, como se puede observar en la figura 16. Además, contará con una chimenea diseñada para distribuir eficientemente el calor en el interior de la cama rectangular y sus alrededores. La chimenea estará conectada a la tubería de gas y a la zona de alto voltaje.

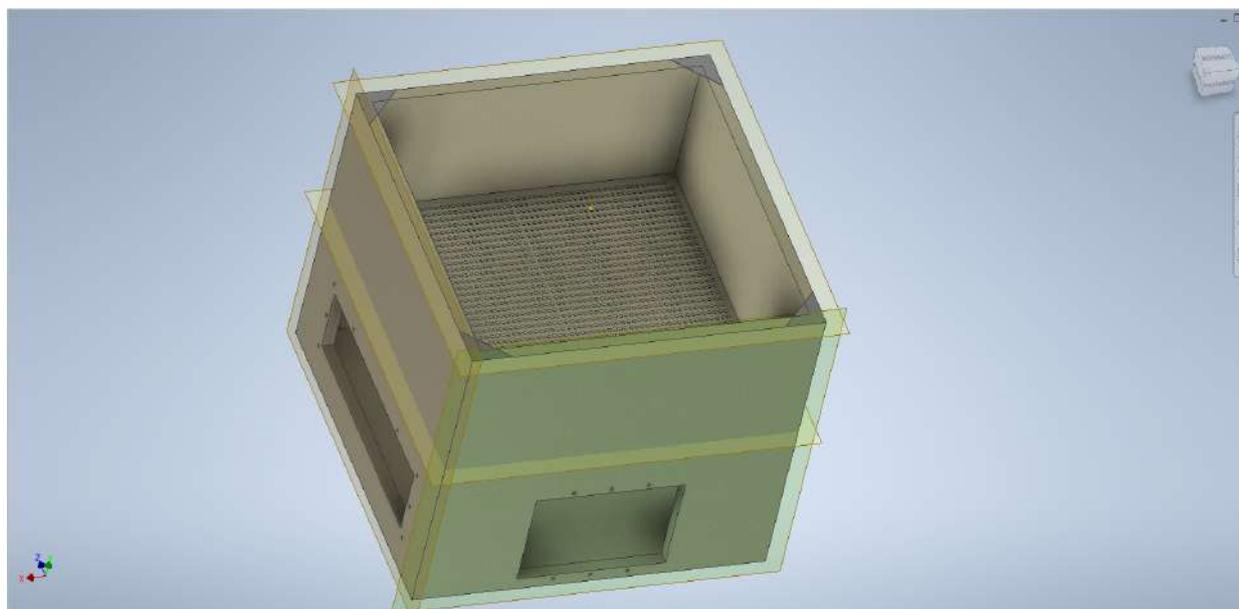


Figura 16: Prototipo cama de secadora de cacao. fuente: El autor.

A continuación, se demuestra la figura 17, en donde se observar el modelo de la tubería y la zona de alto voltaje, la cual será construida en acero ASTM A36 con un largo de 1.21 metros y una circunferencia de 28 cm de diámetro y una circunferencia interna de 26 cm debido a su capacidad para soportar altas temperaturas,

de la parte eléctrica y mecánica dentro de esta tubería encontraremos el motor junto con el ventilador axial y en la parte delantera el chispero. De la parte electrónica y eléctrica encontraremos las diferentes tipos de conexiones para su funcionamiento integral.



Figura 17: Prototipo de la tubería de secadora de cacao, fuente: El autor.

En la figura 18, se observa el patrón del mallado, con un radio de 1.5 cm, a través del cual se filtrarán los residuos durante el secado. Los orificios del mallado están separados por una distancia de 2 cm. Este diseño garantiza que, durante el proceso de secado, los granos no se desplacen de la cama hacia el interior de la máquina.

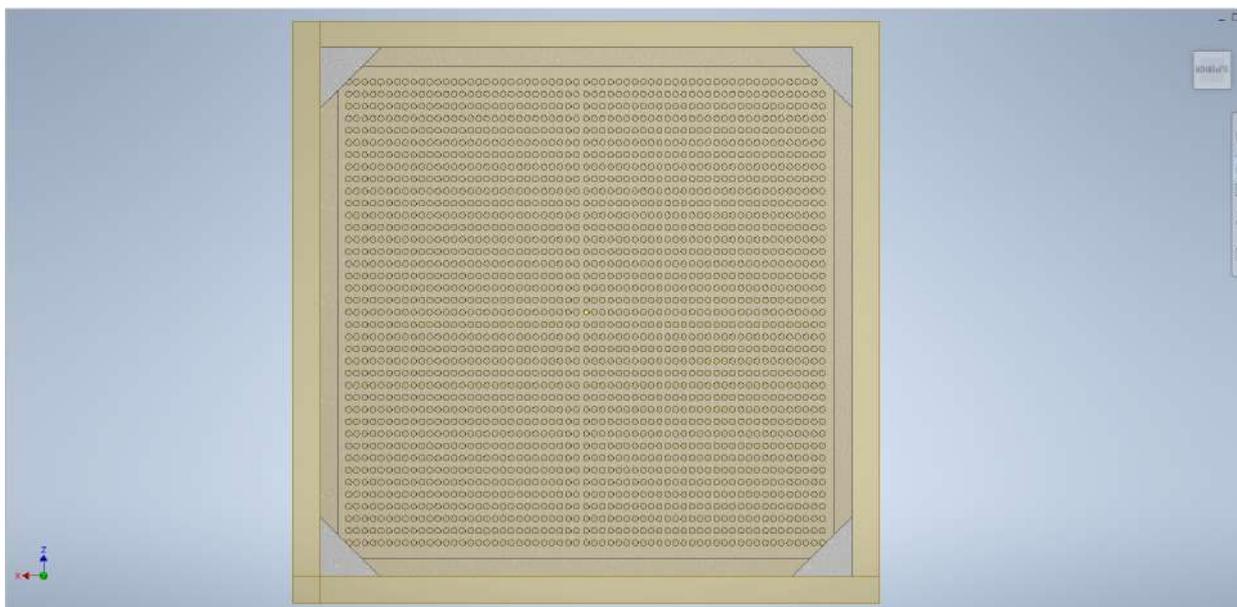


Figura 18: Panorama superior interna de filtración de la secadora para cacao, fuente: El autor.

Adicionalmente, se requiere construir un ventilador capaz de impulsar el aire hacia la cama de secado para

lo cual se hace uso de una hélice de 5 aspas y un motor monofásico de 1/2 [hp].

Un ventilador axial de 5 aspas montado directamente en el eje es un componente crucial en el mecanismo de secado de cacao, como se puede observar en la figura 19. Este tipo de ventilador es eficiente para trasladar grandes volúmenes de aire a baja presión, para lo cual se utiliza la ecuación de continuidad que establece que la masa total de un fluido que circula por un tubo, sin pérdidas ni ganancias, se mantiene fijo.

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \quad (1)$$

La fórmula de continuidad se emplea en el estudio del flujo, junto con la ecuación de Bernoulli, considerando los cambios en la velocidad del flujo de aire en los distintos segmentos, así como las modificaciones de presión y el efecto de la altitud.

$$P + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 + \rho \cdot g \cdot h = \text{constante} \quad (2)$$

Donde:

- P es la presión manométrica del líquido en el lugar especificado
- $\rho$  es la densidad del líquido.
- v es la rapidez del líquido en el lugar especificado.
- g es la aceleración causada por la gravedad.
- h es la elevación del lugar especificado en relación con un nivel de referencia.

La constante en la fórmula representa la suma de las fuerzas en otro lugar de la trayectoria del flujo, y su valor se mantiene invariable en cualquier punto a lo largo de la trayectoria del flujo.

La aplicación de esta ecuación es para determinar la presión y la rapidez del flujo de líquidos en tuberías y conductos, lo cual es esencial en la ejecución del ventilador axial dentro de la tubería ya que este impulsara el aire caliente hacia la cama de secado.

En otras palabras, la cantidad de materia se mantiene constante mientras el líquido se mueve, lo que es ideal para el proceso de secado. Las aspas del ventilador están diseñadas para generar un flujo de aire constante y uniforme, ayudando a mantener una temperatura y humedad controladas dentro de la secadora.

El montaje directo en el eje del ventilador asegura una transmisión de energía más eficiente y reduce la necesidad de componentes adicionales como correas o poleas, lo que puede disminuir el mantenimiento y aumentar la fiabilidad del sistema. Este diseño compacto y eficiente es fundamental para garantizar que el aire caliente se distribuya de manera uniforme sobre las semillas de cacao, optimizando el proceso de secado y mejorando la calidad del producto final.[29].



Figura 19: Ventilador axial 5 aspas [29].

Motor eléctrico monofásico

Un motor eléctrico monofásico de 1/2 hp con 3600 revoluciones por minuto, como se ilustra en la figura 20, es una opción eficiente y potente para aplicaciones industriales como una secadora de cacao.

Conversión de Potencia de HP a Watts: Potencia (kW) = (0.5 hp) (0.746 kW/hp) = 0.373 kW

Consumo por lote de 500kg: (0.373 kW) (5.0 horas/día) = 1.865 kWh/día

Adicionalmente, el proceso de secado se realiza únicamente 4 veces a la semana, por lo tanto el consumo eléctrico semanal es (1.865 kWh/día) (4 días/semana) = 7.46 kWh/semana.

Pero la cosecha de cacao se realiza cada 2 semanas, por lo que el proceso de secado también se lo debe realizar 2 veces al mes. Entonces el consumo mensual es (7.46 kWh/semana) (2 semanas/mes) = 14.92 kWh/mes.

Sin embargo, para el cálculo total de consumo eléctrico hay que considerar el consumo de los componentes eléctricos y electrónicos adicionales, los cuales consumen poca potencia. Por ejemplo, el PLC consume menos de 0.5kWh en las dos semanas que se productivas. Por este motivo, en el peor caso podríamos considerar un consumo adicional de 2kWh pensando en todos los elementos electrónicos no incluidos en el análisis.

Consumo diario (kWh): (0.0035kW)(12 horas/día) = 0.042 kWh/día

Consumo en 2 semanas (kWh) = (0.042 kWh/día) (4 días) = 0.168 kWh

Consumo semanal = 0.168 kWh/2 = 0.084kWh/semana.

Consumo total (kWh): 0.5kWh (PLC) + 2kWh (adicional) = 2.5kWh Costo adicional (\$):

Costo adicional (\$) = (14.92 kWh + 2.5kWh) (\$0.9/kWh) = \$1.5678

Nueva factura (\$) = Factura actual (\$) + Costo adicional (\$)

Nueva factura = \$10 + \$1.5628

Nueva factura  $\approx$  \$11,5628

Este tipo de motor es adecuado para tareas que requieren una velocidad constante y una potencia moderada.[30].



Figura 20: Motor monofásico 1/2 [hp] [30].

#### V-D. Tratamiento antióxido

Una estructura con tratamiento antióxido es esencial para prolongar la vida útil y mantener la integridad de los componentes metálicos en una secadora de cacao, como se muestra en la figura 21. Este tratamiento proporciona protección contra la corrosión y mejora la durabilidad debido a que esta se encuentra a la intemperie .[31].



Figura 21: Tratamiento antioxidante [32].

#### V-E. Pintura martillada industrial marina

Es una opción excelente para proteger superficies metálicas, como se muestra en la figura 22. Se aplica en ambientes exigentes, como en aplicaciones marinas e industriales, ofreciendo resistencia a la corrosión, a las altas temperaturas, durabilidad, un acabado estético y facilidad de aplicación [33].



Figura 22: Pintura martillada [33].

#### V-F. Sistema intercambiador de calor

Un sistema intercambiador de calor bien diseñado y aislado, con una adecuada salida de gases y un acople eficiente del quemador, es vital para el funcionamiento eficaz y seguro de una secadora de cacao, como se muestra en la figura 23 y 24. Este sistema asegura que el proceso de secado del cacao sea eficiente, manteniendo la calidad del producto y optimizando el uso de energía. [34].

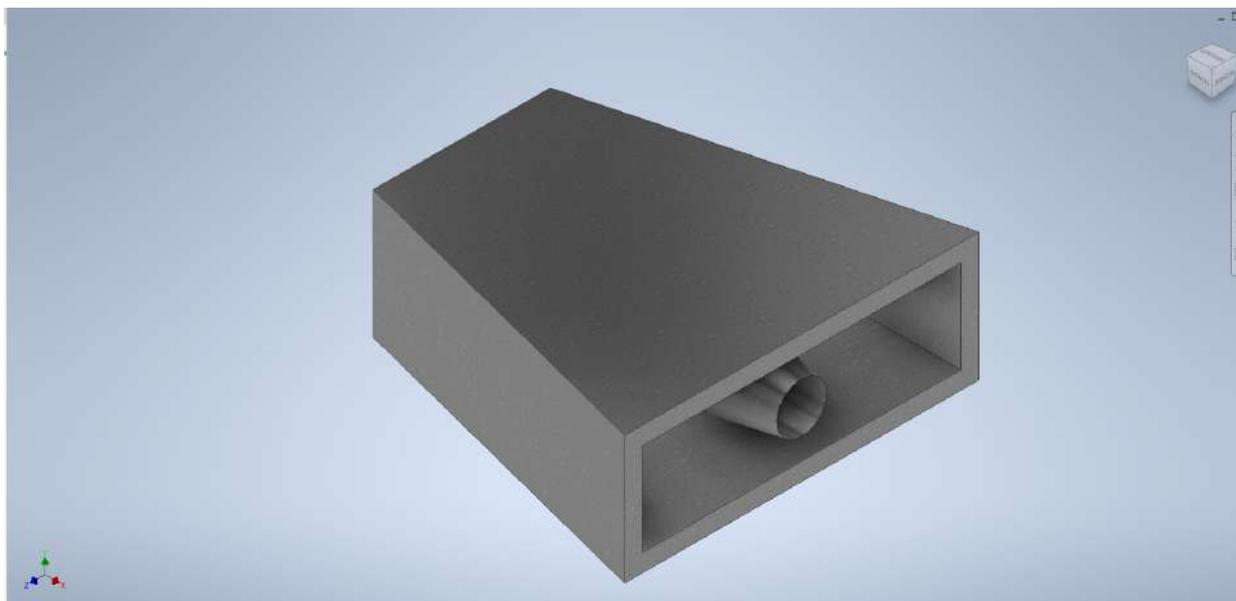


Figura 23: Sistema intercambiador de calor, fuente: El autor.

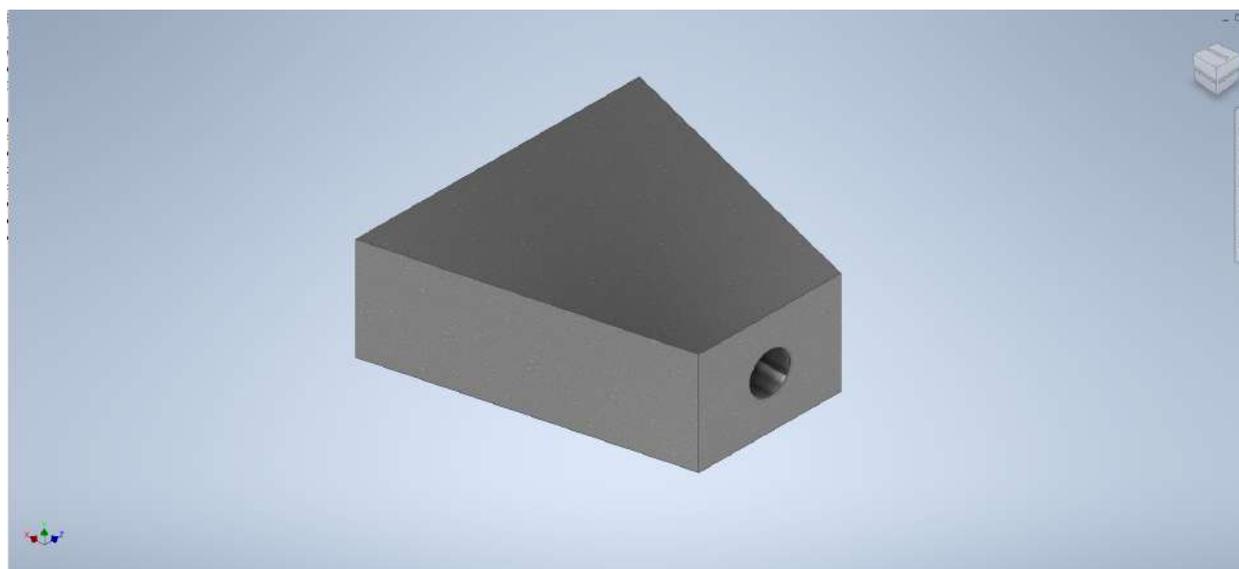


Figura 24: Sistema intercambiador de calor, fuente: El autor.

La ley que describe el comportamiento del flujo de calor es la ley de Fourier para la conducción de calor en una dimensión, y se expresa de la siguiente manera:

$$Q_{\text{cond}} = KA \frac{dT}{dx} \quad (\text{w}) \quad (3)$$

Donde:

- $K$  = Conductividad térmica del material, ( $\text{W}/\text{m}^*\text{k}$ )
- $dt/dx$  = Gradiente de temperatura, ( $\text{k}/\text{m}$ )

- Área, (m<sup>2</sup>)

Teniendo en cuenta la transferencia de calor en una dimensión a través de una capa cilíndrica, donde la temperatura  $T(r)$  varía radialmente, y el área de transferencia en la posición  $r$  es  $A = 2\pi(r * L)$ , al separar las variables de la ecuación y realizar la integración respecto a  $r$ , se obtiene:

$$Q_{\text{cond, cil}} = \frac{2\pi Lk(T_1 - T_2)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \quad (4)$$

Donde:

- $L$  = Largo del cilindro, (m)
- $k$  = Capacidad térmica del material de las aletas, (W/m\*k)
- $T_1$  = Grado térmico de la pared interna del cilindro, (°C)
- $T_2$  = Grado térmico de la pared externa del cilindro, (°C)
- $R_1$  = Distancia radial de la pared interna del cilindro, (m)
- $R_2$  = Distancia radial de la pared externa del cilindro, (m)

#### V-G. Quemador a gas

Un quemador a gas de 600,000 BTU/hora a 1,200,000 BTU/hora es un componente potente y versátil para una secadora de cacao, como se muestra en la figura 25. Este quemador proporciona el calor necesario para un secado eficiente y de alta calidad, ofreciendo la flexibilidad y seguridad necesarias para operaciones industriales. [35].



Figura 25: Quemador a gas con chispero [35].

#### V-H. Hogar de combustión

Un hogar de combustión en acero ASTM A36 proporciona la resistencia, durabilidad y capacidad para manejar altas temperaturas necesarias para el proceso de secado de cacao, como se muestra en la figura 26. Este material asegura un funcionamiento eficiente y seguro de la secadora. [36].

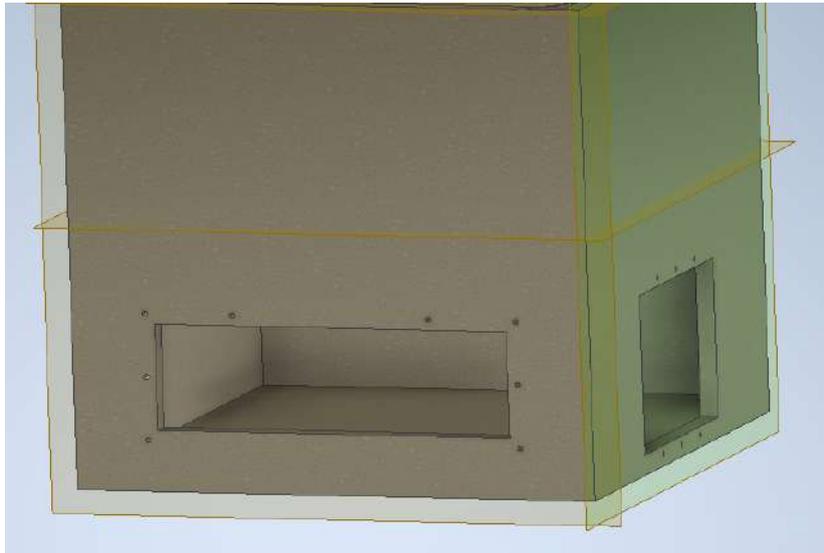


Figura 26: Hogar de combustión, fuente: El autor.

#### V-I. Partes del control del sistema

Controlador lógico programable (PLC).

El dispositivo a utilizar para la programación será un PLC LOGO, un módulo lógico inteligente diseñado para pequeños proyectos de automatización en entornos industriales, comerciales y domésticos. Este mini PLC (Controlador Lógico Programable) es conocido por su facilidad de uso y su capacidad para reemplazar la lógica de relés cableados tradicionales.[37]

El LOGO! se programa mediante un software intuitivo llamado LOGO! Soft Comfort, que permite crear programas de control utilizando bloques de funciones. Estos bloques pueden incluir temporizadores, contadores y funciones lógicas, entre otros. La última versión, LOGO! 8.3, incluso permite la conexión a la nube para procesar grandes volúmenes de datos.[37]

#### V-J. Características principales:

- Fácil programación: Se utiliza un software intuitivo para crear programas de control.[37]
- Conectividad: Es compatible con el protocolo Ethernet Industrial y permite la conexión a la nube.[37]
- Versatilidad: Puede utilizarse en una amplia gama de aplicaciones, desde la automatización industrial hasta el control doméstico.[37]



Figura 27: PLC SIEMENS LOGO[37].

Por lo general, este PLC, como se muestra en la figura 27, de la marca alemana, lleva en el mercado más de 25 años ofreciendo soluciones para pequeñas tareas de automatización en la ingeniería mecánica, instalaciones industriales y domótica.[37]

#### V-K. Motor Eléctrico Monofásico

Es una clase de motor que opera con corriente alterna monofásica, frecuentemente empleado en usos domésticos y comerciales donde no se cuenta con corriente trifásica[38]

Un motor monofásico es un dispositivo rotativo que transforma la energía eléctrica en energía mecánica. Estos motores son perfectos para usos de baja potencia, como se ilustra en la Figura29, y se utilizan en electrodomésticos (frigoríficos, lavadoras), herramientas de jardinería y sistemas de ventilación.[38]

El motor monofásico emplea un único devanado principal y, en muchos casos, un devanado auxiliar para iniciar el movimiento del rotor. Este devanado auxiliar genera un campo magnético que facilita el arranque del motor. Una vez en funcionamiento, el motor puede operar únicamente con el devanado principal.[38]

Partes principales:

- Estátor: Parte inmóvil del motor que alberga los devanados.
- Rotor: Parte móvil que gira y convierte la energía eléctrica en mecánica
- Carcasa: Protege los componentes internos del motor.

Las partes se pueden reconocer en la figura 28

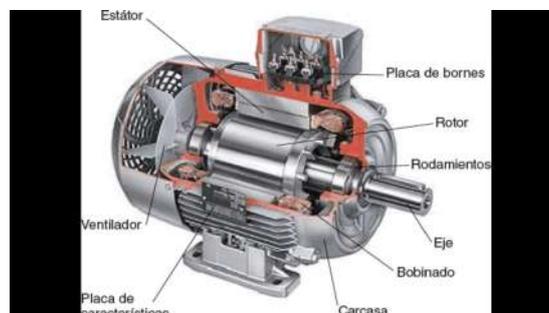


Figura 28: Partes de un motor monofásico[38].

Tipos de motores monofásicos:

- Motor de fase partida: Utiliza un devanado auxiliar para el arranque.
- Motor de condensador: Incluye un condensador para mejorar el par de arranque.
- Motor de inducción: Utiliza la inducción electromagnética para funcionar.



Figura 29: Motor monofásico [39].

### V-L. Diseño Eléctrico, Diagrama de Fuerza, Mando y Control

El prototipo contara con el siguiente diagrama de control 30 en el cual se utilizara un PLC Siemens LOGO como controlador del sistema.

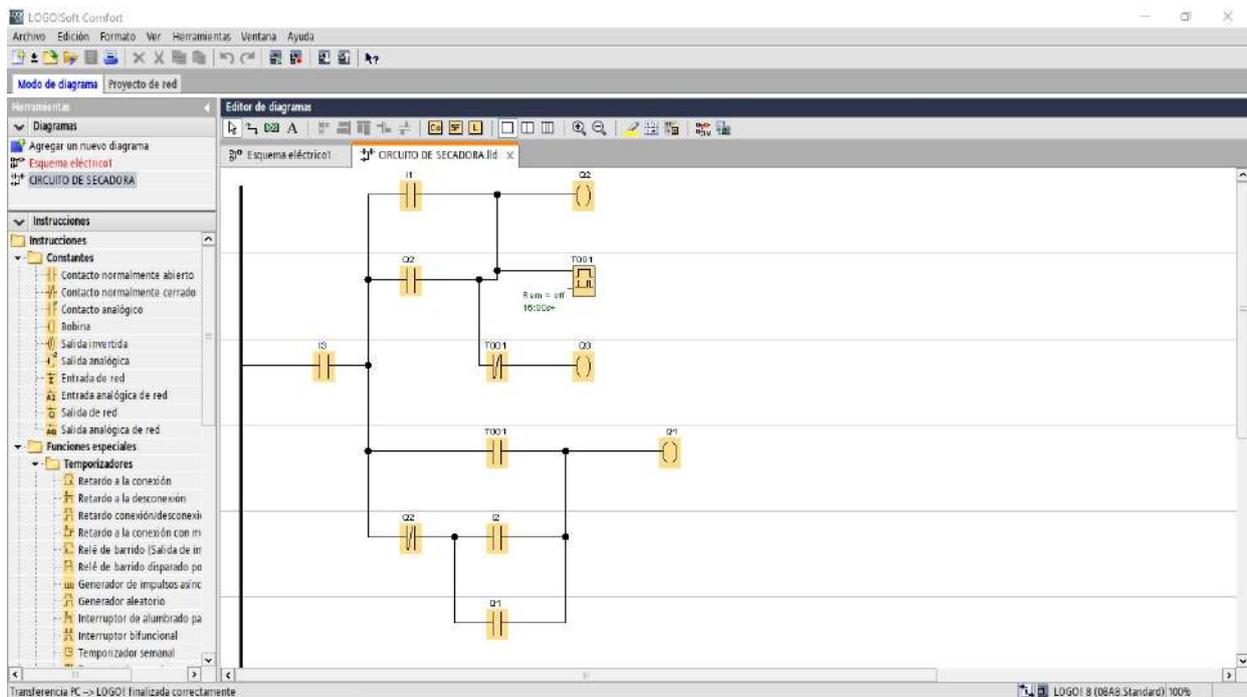


Figura 30: Circuito del prototipo de máquina secadora para cacao, fuente: El autor.

Las tres primeras entradas (I1, I2, I3) corresponden a dos pulsadores de marcha y un pulsador de paro. El sistema cuenta con tres salidas: una para el ventilador, otra para la solenoide y la tercera para el chispero. Al activar la entrada I1, la secadora envía aire caliente y se activa la solenoide para suministrar gas. Un temporizador interno proporciona un intervalo de 15 segundos para que se encienda el chispero. Transcurridos estos 15 segundos, se activa la salida correspondiente al ventilador (salida 1) para enviar aire caliente. Al pulsar la entrada I3, se detiene automáticamente todo el proceso, activando la entrada I2, que suministra únicamente aire frío.

En esta figura 31 podemos ver la conexión del PLC con la maquina físico y poder verificar su conexión

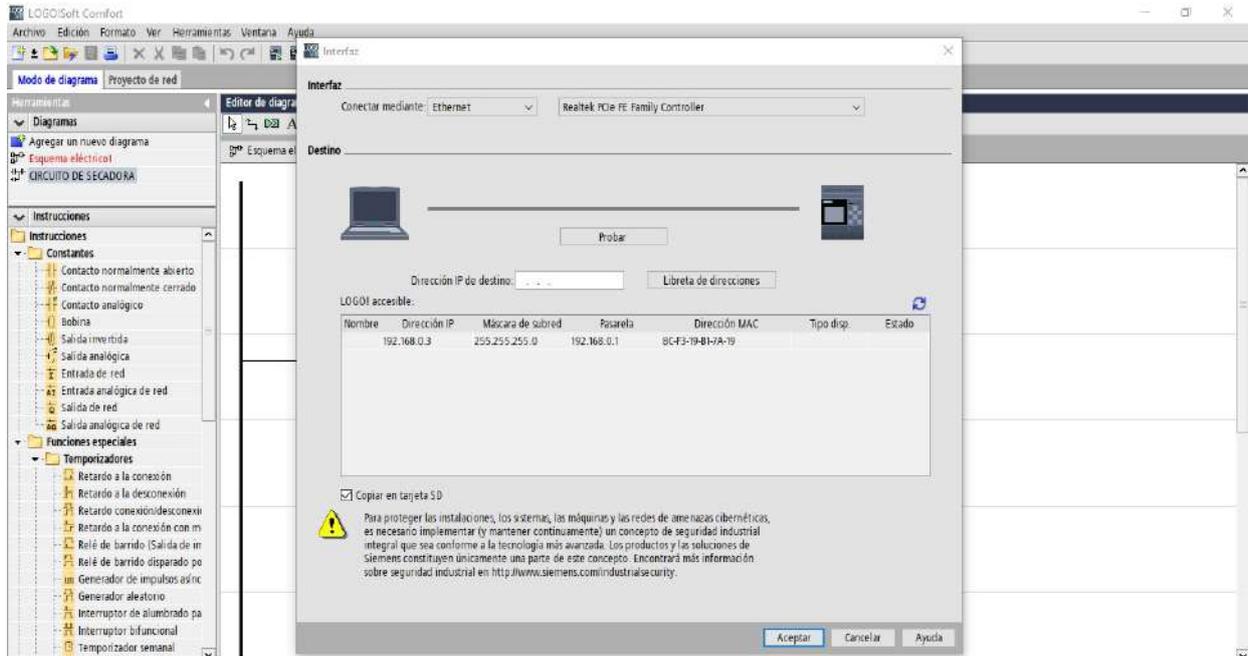


Figura 31: Verificación de la conexión, fuente: El autor.

Al seleccionar la IP y probar comienza la verificación de la señal del logo con la computadora lo cual podrá ver en la figura 32.

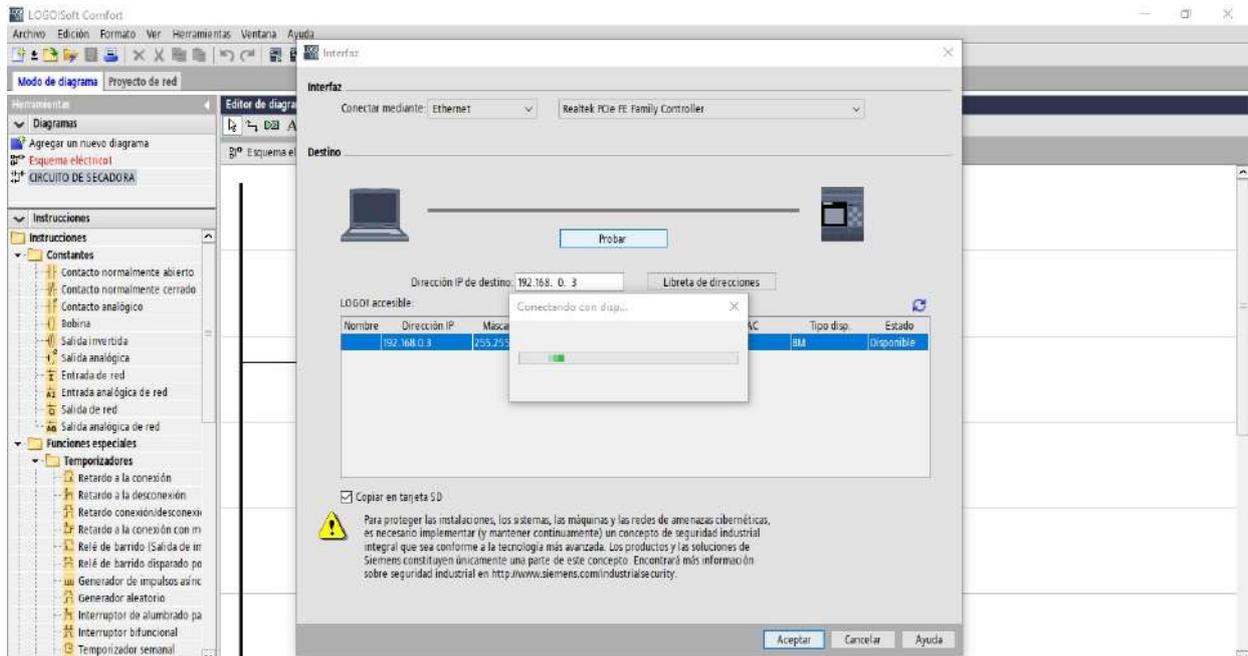


Figura 32: Verificación de la ip con la computadora, fuente: El autor.

Luego del proceso de verificación de conexión se sabe que es correcto al aparecer un visto verde como se demuestra en figura 33.

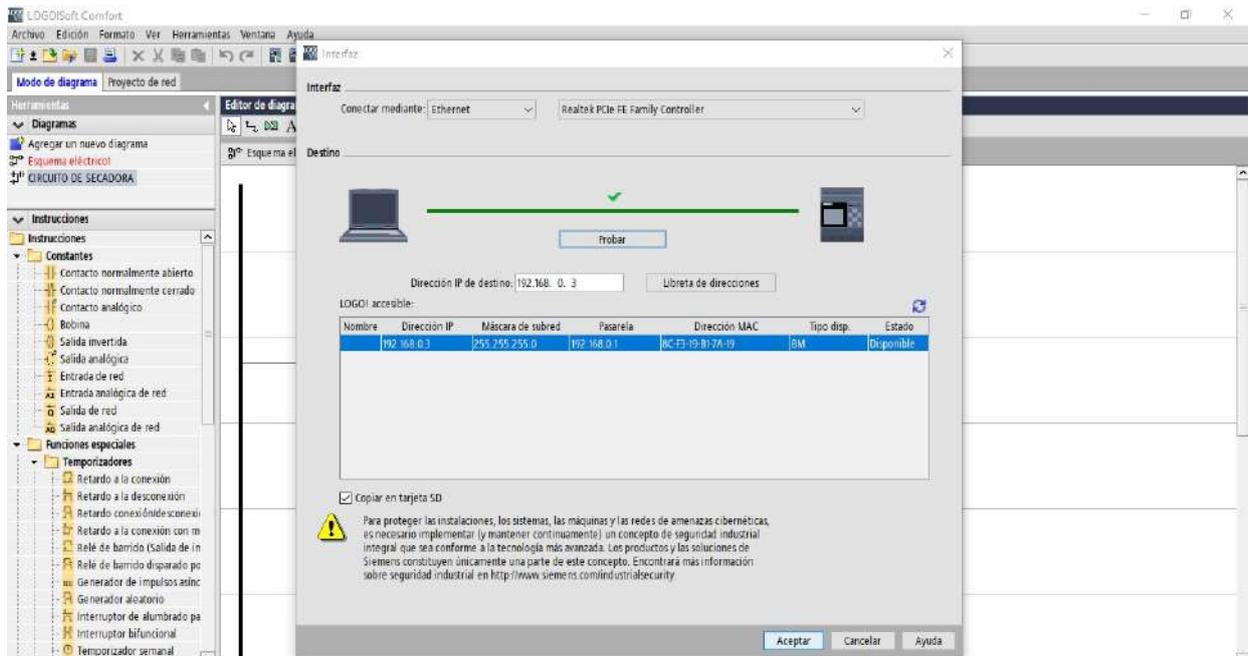


Figura 33: Verificación correcta de la conexión, fuente: El autor.

Una vez que se da aceptar se comienza a cargar los datos de la computadora al PLC Siemens LOGO como se puede ver en la siguiente figura 34.

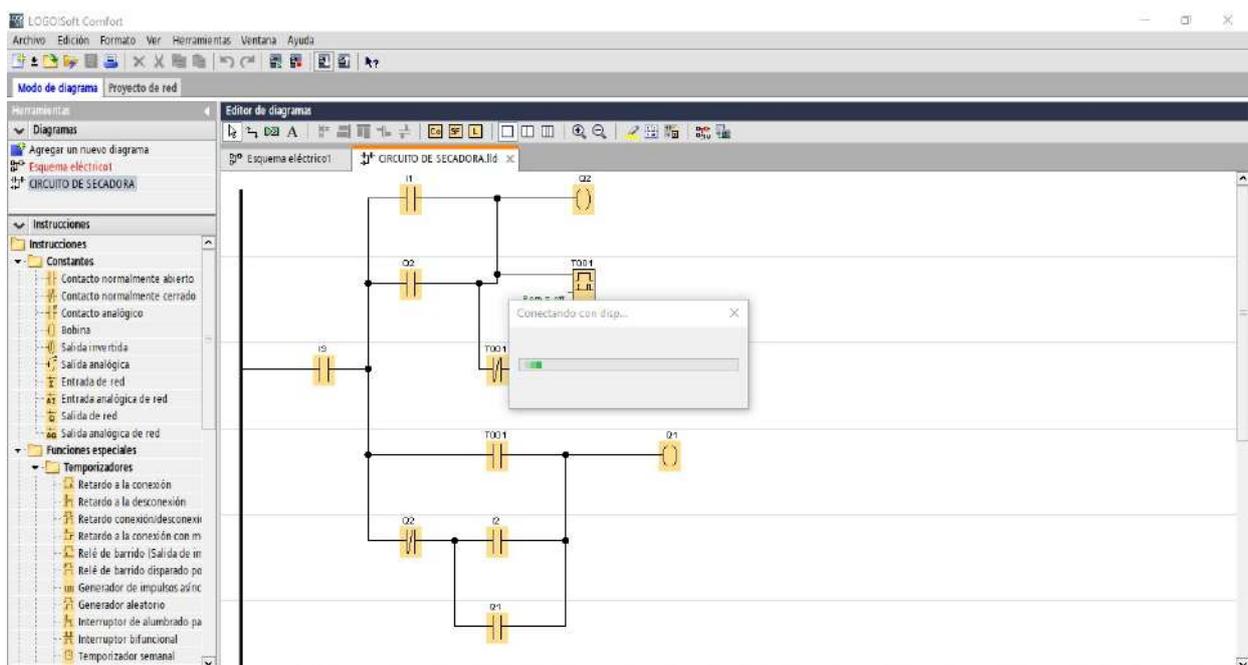


Figura 34: Subida de los datos al PLC SIEMENS LOGO, fuente: El autor.

Luego que se subieron los datos, indica que debe darle Run al programa. Entonces se le da al botón aceptar para que el programa corra en el PLC como lo demuestra en la siguiente figura 35.

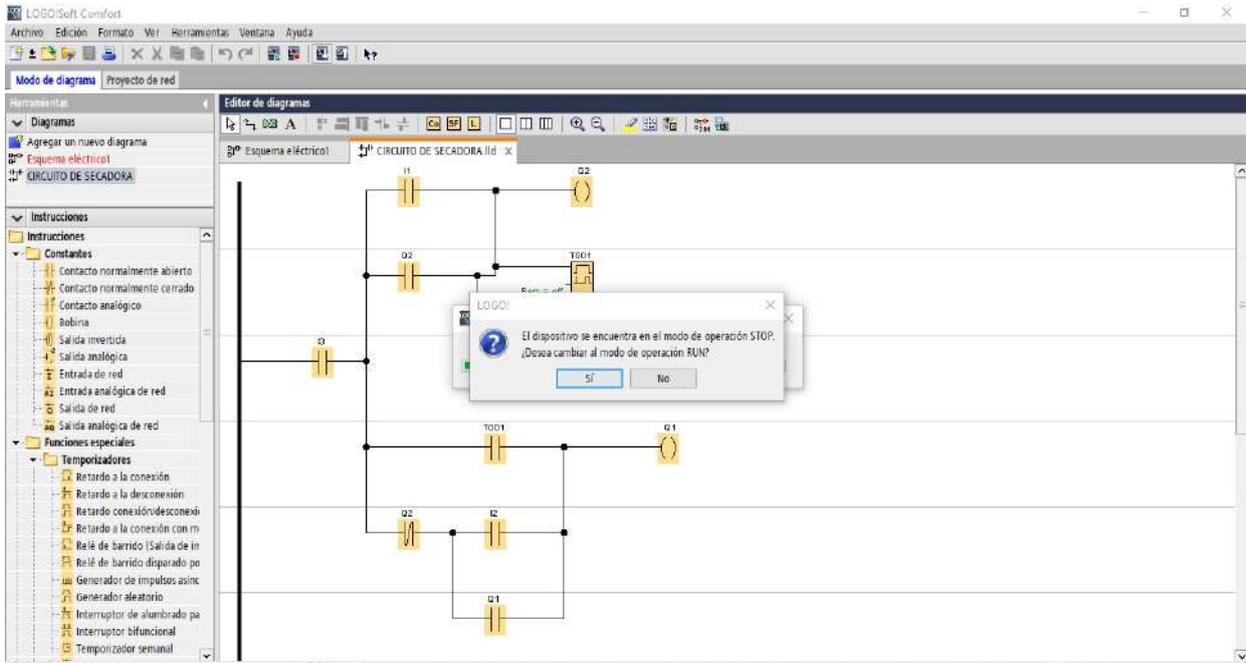


Figura 35: Correr el programa en el LOGO, fuente: El autor.

En la siguiente Figura se visualiza que la transacción de datos esta en curso y podemos ver que el 100% de datos se a cargado como lo vemos en la siguiente figura 36.

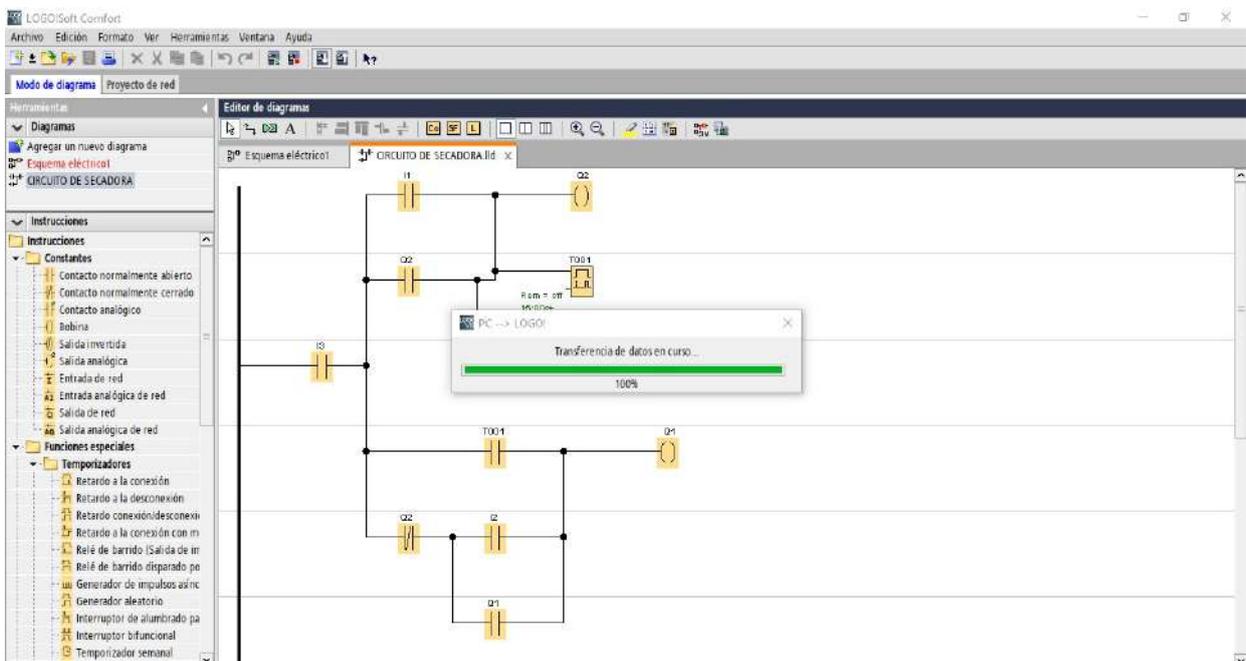


Figura 36: Subida del programa al LOGO al 100%, fuente: El autor.

En esta figura 37 la simulación donde pulsamos la entrada 1 y empieza la entrada 2 y 3 que es la solenoide con el chispero empieza a contar el temporizador y debe apagarse la salida 3 y prenderse la salida 1 que es el ventilador.

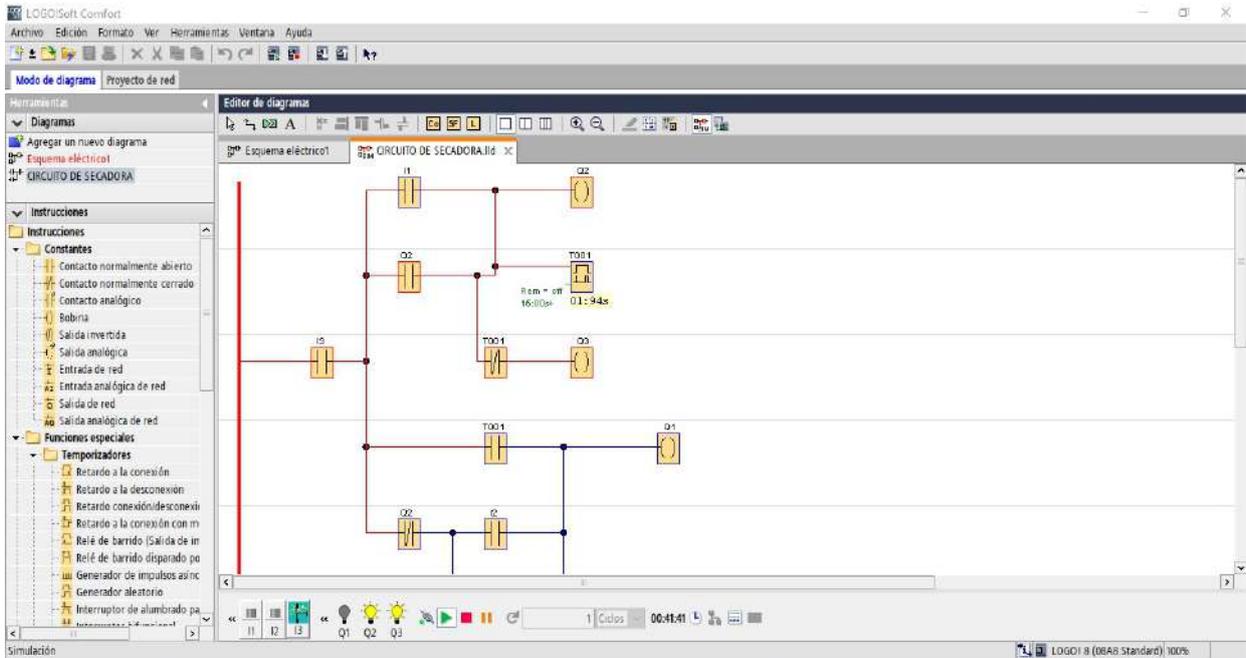


Figura 37: Simulación del programa, fuente: El autor.

En esta figura 38 se verifica el siguiente proceso en donde esta energizado la salida 1 y la salida 2 que son el ventilador y la solenoide respectivamente.

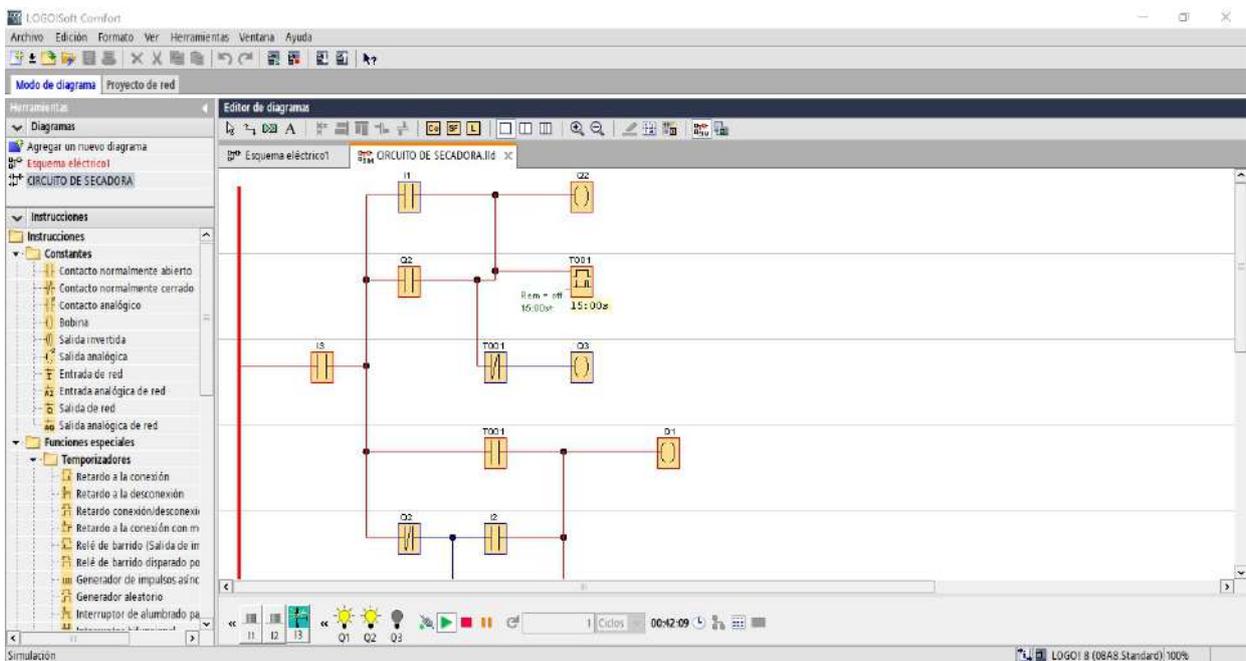


Figura 38: Proceso de encendido de el ventilador y la solenoide, fuente: El autor.

En esta Figura 39 se obtiene el proceso de a ver aplastado la entrada 2 la cual solo mandaría aire frio.

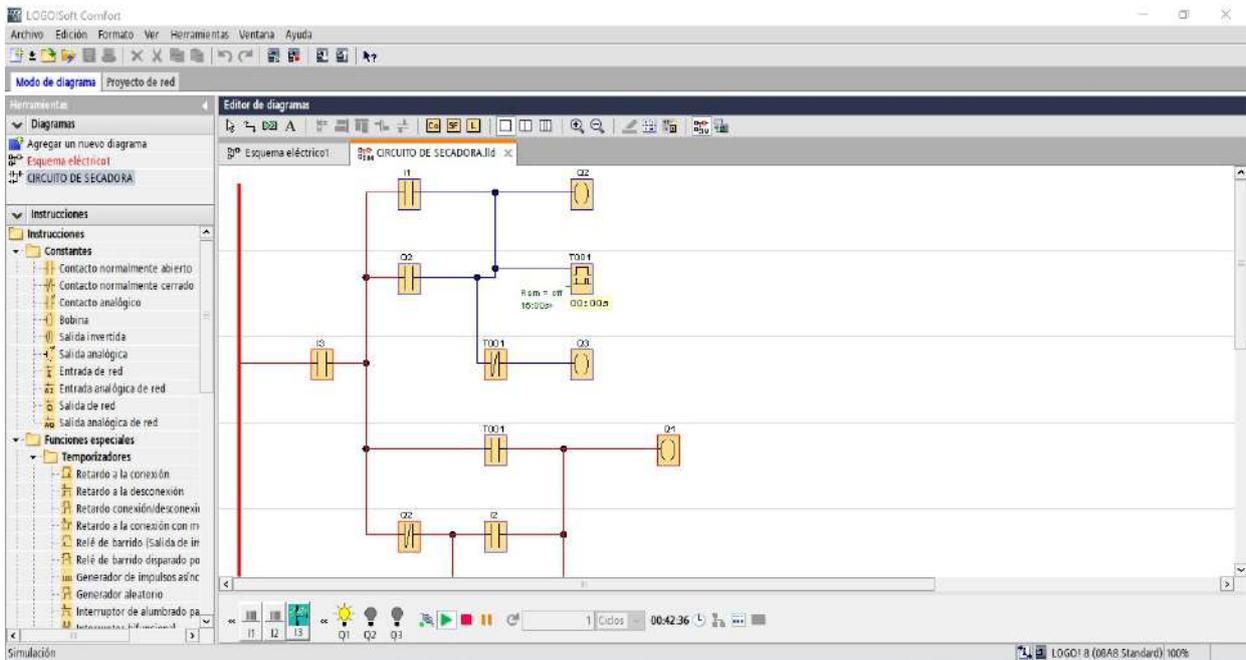


Figura 39: Proceso de enfriamiento, fuente: El autor.

#### V-M. Protección por medio de válvula solenoide

Una válvula solenoide es un componente crucial para la seguridad en sistemas que utilizan gas, como se muestra en la figura 40. Este componente garantiza la fiabilidad del proceso de secado de cacao, protegiendo contra riesgos potenciales y mejorando la eficiencia operativa del sistema.[40].



Figura 40: Válvula solenoide [40]

## VI. RESULTADOS

En esta sección se muestran los resultados obtenidos en el ensamblaje de la secadora de cacao y también la parte del control, el cual se puede verificar en el siguiente link: <https://youtube.com/shorts/2vwULMLmgz4>

### VI-A. Cama de secado

Una cama de secado con dimensiones de 60 cm por 1.20 m, fabricada en acero galvanizado con planchas perforadas galvanizadas unidas mediante soldadura MIG, como se muestra en la figura 41, es ideal para asegurar un proceso de secado eficiente y de alta calidad. Este diseño protege las semillas de cacao y mejora la productividad. [41].



NOTE 40 Pro

24mm f/1.75 1/99s ISO50

Figura 41: Cama de secado, fuente: El autor.

### VI-B. Unión de Ventilador con Chimenea

La unión del ventilador con la chimenea mediante pernos de sujeción demuestra ser una opción robusta y práctica que garantiza la estabilidad, como se muestra en la figura 42. Esta configuración facilita el mantenimiento y ofrece flexibilidad en el diseño del sistema de secado de cacao.



NOTE 40 Pro

24mm f/1.75 1/67s ISO109

Figura 42: chispero y motor, fuente: El autor.

#### VI-C. Módulo de Control Abierto

En la parte interna del módulo como se muestra en la figura 43, se encuentra un breaker, dos porta fusible, un contactor y un PLC SIEMENS LOGO.

En la parte externa como se muestra en la figura 44, se visualiza tres botones el cual de arriba hacia abajo al activarlos son de primera fase de calentamiento, enfriamiento y paro.



Figura 43: Módulo de control abierto, fuente: El autor.



Figura 44: Módulo de control cerrado, fuente: El autor.

#### *VI-D. Secadora de cacao ensamblada*

En la figura 45, se visualiza el proyecto completo y funcional en el cual se demostró su funcionamiento secando 45 quintales.



Figura 45: Secadora de cacao ensamblada, fuente: El autor.

## VII. CRONOGRAMA

Tabla I: Cronograma de Actividades, fuente: El autor.

Actividades por cumplir	Meses																			
	Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Definición del tema de anteproyecto																				
Problemática y delimitación del anteproyecto																				
Justificación																				
Objetivos generales y específicos																				
Desarrollo del marco teórico																				
Desarrollo de marco metodológico																				
Presupuesto de proyecto																				
Aprobación de anteproyecto																				
Diseño de la secadora mediante Inventor																				
Diseño 3D de la Secadora de cacao																				
Pruebas del funcionamiento de la Secadora y la válvula solenoide																				
Conclusiones y recomendaciones																				
Terminación final del documento en látex y su respectiva revisión																				
Sustentación del proyecto de tesis																				

## VIII. PRESUPUESTO

En el presupuesto se detallan los montos aproximados que se han obtenido a través de cotizaciones realizadas en distintos puntos del país para la preparación del proyecto de Tesis, como se puede observar en la Tabla II.

Tabla II: Presupuesto, fuente: El autor.

N°	Materiales	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
1	Cilindro	1	\$104,00	\$104,00
2	Ventilador axial	1	\$200,00	\$200,00
3	Motor electrico monofasico	1	\$100,00	\$100,00
4	Marco de soporte	1	\$25,00	\$100,00
5	Estructura con tratamiento antioxidante	1	<b>\$5,00</b>	\$5,00
6	Sistema intercambiador de calor	1	\$3,00	\$3,00
7	Quemador a gas	1	\$3,00	\$6,00
8	Hogar de combustion de en acero ASTM A36	1	\$3,00	\$6,00
9	Valvula selenoide	1	\$120,00	\$120,00
10	Pintura industrial marina	1	\$159,00	\$159,00
11	Cama de secado de 60 cm por 1.20 cm en acero galvanizado	1	\$42,00	\$42,00
12	Soldadura mig	1	\$5,00	\$5,00
12	PLC LOGO	1	\$280,00	\$250,00
			<b>Precio final</b>	<b>\$1130,00</b>

## IX. CONCLUSIONES

El estudio realizado para el desarrollo de este prototipo reveló que los pequeños agricultores suelen vender sus productos en la etapa de fermentación o directamente a otros agricultores. En el recinto 5 de Agosto, las condiciones climáticas desfavorables impulsaron la creación de este prototipo de máquina secadora de cacao con capacidad para 5 quintales. Esta máquina ayudará a evitar que los pequeños agricultores vendan sus productos húmedos, lo que les generaría pérdidas económicas a largo plazo. Además, se evitará la pérdida de cosechas y/o producciones de cacao durante temporadas climáticas adversas.

El diseño de este prototipo se distingue por su encendido automático y una estructura fabricada con acero ASTM A36, capaz de soportar 5 quintales de cacao en baba y resistir altas temperaturas. Una vez en funcionamiento, el LOGO enviará una señal a la solenoide, que al abrirse, tomará 15 segundos para activar el chispero y luego encender el ventilador, iniciando así la primera fase del secado del cacao.

Para la construcción del prototipo, se tomaron en cuenta las normas sanitarias y los estándares de calidad para productos alimenticios. Por esta razón, se utilizó acero galvanizado ASTM A36 en las partes que estarán en contacto directo con el producto.

Las pruebas de funcionamiento demostraron que el prototipo de máquina secadora de cacao con capacidad para 5 quintales alcanza su temperatura máxima de secado cinco minutos después de ser puesta en marcha. También se verificó el correcto funcionamiento de la chimenea, las tuberías, el chispero y el motor, todos expuestos a altas temperaturas.

El proceso de secado para 5 quintales de granos de cacao tarda aproximadamente 1 hora y 30 minutos en completarse. Sin embargo, los granos de cacao deben tener inicialmente un 60% de humedad, debido a un proceso de fermentación previo, para que el secado sea adecuado.

El análisis de consumo eléctrico muestra que el costo adicional mensual es de aproximadamente \$1.57, lo que es una inversión mínima comparada con los beneficios económicos a largo plazo. La nueva factura de electricidad, considerando este costo adicional, sería de aproximadamente \$11.57, lo cual es manejable para los agricultores.

El costo total de la máquina es de \$2,645.67, incluyendo costos directos e indirectos. Por lo tanto, se podría considerar una inversión para los pequeños agricultores, ya que los beneficios de este proyecto se reflejarán en poco tiempo y garantizarán un producto con los estándares de calidad adecuados.

Dado que el prototipo funciona con gas y un chispero para encender la llama, se verificaron las normas de seguridad para explosivos, las cuales fueron consideradas en el desarrollo del prototipo para asegurar su eficiencia y seguridad.

## X. RECOMENDACIONES

Las pruebas realizadas en el prototipo mostraron que las mallas soldadas en el interior deben ser reforzadas cada tres meses, ya que el movimiento del cacao tiende a desoldarlas.

En el futuro, si la demanda del producto aumenta, se recomienda instalar un cerramiento en el área de trabajo para proteger tanto a las personas cercanas como al operador. También se sugiere señalar el área y detallar los pasos a seguir para ingresar a la zona. Esto ayudará a que el trabajo sea más seguro y prolongará la vida útil del prototipo.

Es importante seleccionar y dimensionar adecuadamente los materiales a utilizar en cada etapa del diseño, lo que evitará gastos innecesarios durante el desarrollo del prototipo.

Se recomienda implementar un sensor de temperatura en el futuro para lograr una verificación más precisa del secado de las semillas de cacao. Esto también ayudará a que el agricultor obtenga una mejor remuneración por su producto al momento de la venta.

## REFERENCIAS

- [1] B. C. D. ECUADOR, *CUENTAS NACIONALES TRIMESTRALES SEGUNDO TRIMESTRE DE 2024*, 2024. dirección: [https://contenido.bce.fin.ec/documentos/informacioneconomica/cuentasnacionales/trimestrales/resultados\\_128\\_202402.pdf](https://contenido.bce.fin.ec/documentos/informacioneconomica/cuentasnacionales/trimestrales/resultados_128_202402.pdf).
- [2] M. de Agricultura y Ganadería, *Ecuador es el primer exportador de cacao en grano de América*, Accedido: 06-12-2024, 2024. dirección: <https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-es-el-primer-exportador-de-cacao-en-grano-de-america/>.
- [3] C. Y. A. E. INAMHI TIEMPO, *PRONOSTICO DEL TIEMPO NACIONAL*, Accedido: 08-01-2025, 2025. dirección: <https://servicios.inamhi.gob.ec/pronostico/>.
- [4] C. Y. A. E. INAMHI TIEMPO, *PRONOSTICO DEL TIEMPO NACIONAL*, Accedido: 08-01-2025, 2025. dirección: <https://servicios.inamhi.gob.ec/>.
- [5] C. L. C. Colcha, *Diseño de una secadora de semilla de cacao para agricultores artesanales*, Accedido: 06-12-2024, 2023. dirección: <http://repositorio.utn.edu.ec:8080/bitstream/123456789/14759/2/04%20MEC%20504%20TRABAJO%20GRADO.pdf>.
- [6] A. JONES, *INCENDIOS EN SECADORAS*, Accedido: 08-01-2025, 2024. dirección: [https://www.dreim.com/es\\_pr/2024/06/11/incendios-en-secadoras-lo-que-debe-saber-y-como-prevenirlos/](https://www.dreim.com/es_pr/2024/06/11/incendios-en-secadoras-lo-que-debe-saber-y-como-prevenirlos/).
- [7] G. VORSTMAN, *CASOS PRACTICOS DE LA CADENA DE SUMINISTROS*, Accedido: 08-01-2025, 2024. dirección: <https://www.dsv.com/es-mx/conocimientos/casos-practicos/cargill-cocoa-and-chocolate>.
- [8] NESTLE, *SECADO DE CACAO*, 2024. dirección: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1662/1/secado%20de%20cacao.PDF>.
- [9] U. J. A. D. TABASCO, *LAVADO, FERMENTACION Y SECADO*, Accedido: 12-01-2025, 2023. dirección: <https://casa-cacao.ujat.mx/lavado-fermentaci%C3%B3n-secado.html#:~:text=La%20forma%20tradicional%20de%20secar,de%20protecci%C3%B3n%20contra%20las%20lluvias..>
- [10] L. D. F. LIGIA DE BERTORILLI GUSTABO CAMACHO, «EFECTO-DEL-SECADO-AL-SOL-SOBRE-LA-CALIDAD-DEL-GRANO-FERMENTADO-DE-CACAO,» *AGRONOMIA*, 2024, Accedido: 8-01-2025. dirección: [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2004000100003](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2004000100003).
- [11] J. TUTALCHA, «DISEÑO-Y-SIMULACION-DE-UN-AGITADOR-DE-CHOCOLATE,» *UPS*, 2018, Accedido: 12-01-2025. dirección: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/11995/3/UPS-KT01230.pdf>.
- [12] F. V. MARCO TOROCHE, «DISEÑO-DE-UN-EQUIPO-AUTOMATIZADO-PARA-EL-PROCESO-DE-SECADO-DE-CACAO,» *UPS*, 2021, Accedido: 8-01-2025. dirección: [https://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/19\\_Guia\\_8\\_Beneficiado.pdf](https://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/19_Guia_8_Beneficiado.pdf).
- [13] P. NANCY, «Estudio-de-metodo-de-fermentacion-y-secado-del-cacao,» *UCE*, 2021, Accedido: 8-01-2025. dirección: <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/ef032188-f289-4512-a530-c188755b5d44/content>.
- [14] R. J. LIENDO, «EL-SECADO-DEL-CACAO,» *INIA*, 2021, Accedido: 8-01-2025. dirección: [http://sian.inia.gob.ve/inia\\_divulga/divulga\\_05/rid5\\_liendo\\_24-26.pdf](http://sian.inia.gob.ve/inia_divulga/divulga_05/rid5_liendo_24-26.pdf).
- [15] R. CACAOTERA, «SECADO-DEL-GRANO-DE-CACO,» *INIA*, 2020, Accedido: 8-01-2025. dirección: <https://issuu.com/redcacaotera/docs/secado>.
- [16] F. V. MARCO TOROCHE, «DISEÑO-DE-UN-EQUIPO-AUTOMATIZADO-PARA-EL-PROCESO-DE-SECADO-DE-CACAO,» *UPS*, 2021.
- [17] *TECNOLOGIA-E-INNOVACION-PARA-LA-COMPETITIVIDAD-EMPRESARIAL*.
- [18] U. ( ESPAÑOLA), *ATMOSFERAS EXPLOSIVAS PARTE 0: EQUIPO REQUISITOS GENERALES*, Accedido: 11-01-2025, 2024. dirección: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0065130>.
- [19] TERCESA.COM, *MOTOR-MONOFASICO*, Accedido: 2025-01-12, 2023. dirección: <https://tercesa.com/motor-monofasico-que-es-y-como-funciona/>.

- [20] ergiocontroles, *Valvula solenoide para gas*, Accedido: 2025-01-14, 2024. dirección: <https://ergiocontroles.com/producto/sistema-de-seguridad-y-control/electrovalvulas/valvulas-a-solenoide-para-gas-thermoval/>.
- [21] Sirca, *Cilindro*, Accedido: 2025-01-13, 2024. dirección: <https://sircaecuador.com/productos/secadora-sirca-con-intercambiador-de-calor/>.
- [22] GRUBERHERMANOS, *Ventilador-axial/helicoidal*, Accedido: 2025-01-12, 2023. dirección: [https://www.gruberhermanos.com/productos\\_v\\_axiales\\_que\\_es\\_un\\_ventilador\\_axial.html](https://www.gruberhermanos.com/productos_v_axiales_que_es_un_ventilador_axial.html).
- [23] contruex, *Placa de Acero ASTM A-36*, Accedido: 2025-01-13, 2024. dirección: [https://www.construex.com.mx/exhibidores/tupsa/producto/placa\\_acero\\_astm\\_a\\_36\\_mexico](https://www.construex.com.mx/exhibidores/tupsa/producto/placa_acero_astm_a_36_mexico).
- [24] Isaval, *Proteccion intensa contra el oxido*, Accedido: 2025-01-13, 2020. dirección: <https://www.isaval.es/como-proteger-metal-contra-el-oxido/>.
- [25] ANYPSA, *Pintura-Martillada-industrial-marina*, Accedido: 2025-01-14, 2024. dirección: <https://maticentroperu.com/producto/esmalte-martillado-industrial/>.
- [26] eacome, *Intercambiador de calor usos, ventajas y aplicaciones*, Accedido: 2025-01-14, 2019. dirección: <https://www.sacome.com/intercambiador-tubular-usos-ventajas-aplicaciones/>.
- [27] eacome, *Quemador a gas para secado de cacao*, Accedido: 2025-01-14, 2024. dirección: <https://dinatek.ec/producto/secadora-y-tecnologia-para-cacao/>.
- [28] M. MUNDIAL, «ASTM A36 ACERO PROPIEDADES FICHA TECNICA: FY DUREZA, DENSIDAD,» *ASTM AISI SAE. BSI BRITANICO EUROPEO/: MATERIAL MUNDIAL GRADOS*, 2025, Accedido: 8-01-2024.
- [29] J. T. DIEGO NAREA, *MEJORA-DE-LA-EFICIENCIA-DE-UN-VENTILADOR-AXIAL*, Accedido: 2025-01-9, UPS, 2025. dirección: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21167/1/UPS-CT009296.pdf>.
- [30] L. RAMIREZ, *EL-MOTOR-PASO-A-PASO*, Accedido: 2025-01-09, 2023. dirección: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11484/1/T395.pdf>.
- [31] UNE-EN-ISO, *PROTECCION CONTRA LA CORROSION*, Accedido: 2025-01-09, 2018. dirección: <https://www.blatem.com/es/actualidad/noticias/proteccion-contra-la-corrosion-soluciones-antioxidantes>.
- [32] ANYPSA, *CONTRA LA CORROSION*, Accedido: 2025-01-09, 2025. dirección: <https://www.anypsa.com.pe/>.
- [33] P. REVOLUCION, *PINTURA ESMALTE INDUSTRIAL*.
- [34] C. B. ADRIAN PAREDES, *MODELAMIENTO-Y-SIMULACION-DE-UN-INTERCAMBIADOR-DE-CALOR*, Accedido: 2025-01-11, 2023. dirección: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/31067/1/Modelamiento%20y%20simulaci%C3%B3n%20de%20un%20intercambiador%20de%20calor.pdf>.
- [35] C. GALLARDO, *DISEÑO-Y-MONTAJE-DE-UNA-SUBESTACIÓN-Y-UNA-LÍNEA-DE-TRANSMISIÓN-ELÉCTRICA-DE-13.8KV-EN-SUSTITUCIÓN-DE-GENERADORES-ELÉCTRICOS-DE-COMBUSTIÓN-INTERNA-PARA-ALIMENTAR-LA-PLANTA-DE-TRITURACIÓN-DE-ÁRIDOS-PÉTREOS-UBICADA-EN-EL-CANTÓN-DAULE-DEL-SECTOR-SABANILLAL*, Accedido: 2025-01-11, 2018. dirección: <https://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/45866/D-P13810.pdf?sequence=1>.
- [36] D. A. ALBAN NARANJO, *EVALUACION-DE-LAS-PROPIEDADES-MECANICAS-Y-CARACTERIZACION-METALOGRAFICA-DE-JUNTAS-SOLDADAS-A-TOPE-DE-ACERO-ASTM36*, Accedido: 2025-01-11, 2022. dirección: <http://dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/18379>.
- [37] ANYPSA, *LOGO! se siemens: Qué es y cómo funciona*, Accedido: 2025-02-06, 2025. dirección: <https://www.cursosaula21.com/logo-de-siemens-que-es-y-como-funciona/>.
- [38] SP, *¿Qué es un motor monofásico? características, tipos y aplicaciones*, Accedido: 2025-02-06, 2024. dirección: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/motor-monofasico/>.
- [39] SP, *Motores Eléctricos Monofásicos*, Accedido: 2025-02-06, 2024. dirección: [https://www.editores-srl.com.ar/revistas/ac/9/motores\\_electricos\\_monofasicos](https://www.editores-srl.com.ar/revistas/ac/9/motores_electricos_monofasicos).

- [40] F. Suárez-Concepción, R. Piñero Aguilar, A. S. Prieto-Moreno, A. Alfonso-Cordoví, J. C. Carbó Castro y O. Llanes-Santiago, «MODELO-DE-AUTOMATIZACION-DE-UNA-PLANTA-DE-INYECCION-DE-GAS,» *Ingeniería Industrial*, vol. 43, n.º 1, págs. 82-95, 2022, Accedido: 11-01-2025. dirección: <https://virtual.urbe.edu/tesispub/0067797/cap05.pdf>.
- [41] ALEYDA-PEREZ, «CONSTRUCCION-DE-UN-SECADOR-DE-CHAROLAS-GIRATORIO,» *MIXTECA*, 2023. dirección: [http://jupiter.utm.mx/~tesis\\_dig/9872.pdf](http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/9872.pdf).