



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

---

**“CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE SECADO DE  
GRANOS DE CACAO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SUS  
PROCESOS”,**

---

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del título de  
Ingeniero Industrial

**AUTOR:**

Conforme Cruz Gabriel Alexander

**TUTOR:**

Edison Patricio Salazar Cueva

**LATACUNGA – ECUADOR**

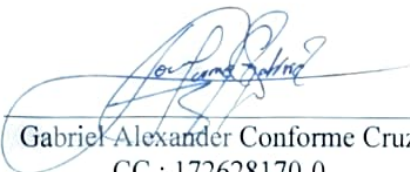
**MARZO 2024**

Latacunga, febrero del 2025

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Gabriel Alexander Conforme Cruz declaro ser autor del proyecto de titulación **“CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE SECADO DE GRANOS DE CACAO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SUS PROCESOS”**, siendo el Ing. Edison Patricio Salazar Cueva tutor del presente trabajo de titulación; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de titulación, son de mi exclusiva responsabilidad.



Gabriel Alexander Conforme Cruz  
CC.: 172628170-0

Latacunga, febrero de 2025

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: **“CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE SECADO DE GRANOS DE CACAO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SUS PROCESOS”**, propuesto por el estudiante **Conforme Cruz Gabriel Alexander** de la Carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho proyecto de titulación cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos al tribunal de lectores.



Ing. Edison Patricio Salazar Cueva, Mg.  
C.C. 050184317-1  
TUTOR

Latacunga, febrero de 2025

## AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES

Cumpliendo con el Reglamento de Titulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Lectores de Tribunal de Proyecto de Investigación con el Título “**CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE SECADO DE GRANOS DE CACAO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SUS PROCESOS**”, propuesto por el o la estudiante Conforme Cruz Gabriel Alexander de la Carrera de Ingeniería Industrial, me permito indicar que el estudiante ha concluido todas las observaciones y realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores, además de validar el funcionamiento de la propuesta tecnológica, por lo cual presentamos el Aval de aprobación del Proyecto de Titulación correspondiente a la modalidad en virtud de lo cual el o la postulante puede presentarse a la Defensa de su Proyecto de Titulación.

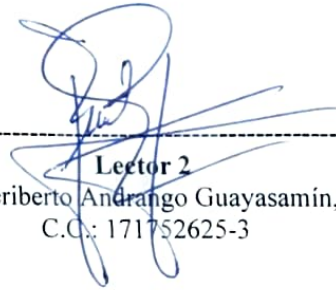
Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.

Atentamente,



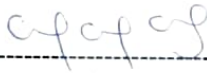
**Lector 1 (Presidente)**

Ing. Wilson Santiago Olovacha Toapanta, Mg.  
C.C.: 180430223-8



**Lector 2**

Ing. Raúl Heriberto Andrango Guayasamín, Mg.  
C.C.: 171752625-3



**Lector 3**

Ing. Jaime Hernán Acurio Masabanda, Mg.  
C.C.: 050257424-7

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi, donde cursé en la maravillosa carrera de Ingeniería Industrial donde conocí a mis amigos quienes ahora son como familia y gracias a ellos fue que aprendí bastante, pero lo que realmente aprendí con ellos fue el verdadero valor de la hermandad, a seguir mi corazón y a seguir mis pasiones. También a todas las personas que me han brindado su ayuda y apoyo que han hecho que este trabajo se realice con éxito en especial a quienes me abrieron las puertas compartieron sus conocimientos.*

*¡Industriales por Siempre!*

*Gabriel Conforme C.*

## DEDICATORIA

*En especial a Dios y a mis padres María y Gabriel, que gracias a su amor incondicional y por enseñarme que cada esfuerzo tiene su recompensa, a mi hermana Kelly por ser mi apoyo en los momentos más difíciles. A mis queridos amigos Marcelo y Edison por su guía, paciencia y sabiduría, sin su apoyo este logro no habría sido posible.*

## ÍNDICE GENERAL

|  |      |
|--|------|
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....                                     | ii   |
| AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....                | iii  |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....                       | iv   |
| AGRADECIMIENTO .....   | v    |
| DEDICATORIA.....   | vi   |
| ÍNDICE GENERAL.....  | vii  |
| ÍNDICE DE TABLAS.....  | x    |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....  | xii  |
| ÍNDICE DE ECUACIONES .....                                       | xiv  |
| RESUMEN .....  | xv   |
| ABSTRACT .....   | xvi  |
| AVAL DE TRADUCCIÓN.....  | xvii |
| 1.- INFORMACIÓN GENERAL .....                                    | 1    |
| 2.- INTRODUCCIÓN.....  | 2    |
| 2.1 PROBLEMA .....   | 4    |
| 2.1.1 Situación Problemática.....                                | 4    |
| 2.1.2 Formulación del problema.....                              | 5    |
| 2.2 JUSTIFICACIÓN.....   | 5    |
| 2.3 BENEFICIARIOS .....  | 7    |
| 2.3.1 Directos.....  | 7    |
| 2.3.2 Indirectos .....   | 7    |
| 2.4 OBJETIVOS.....   | 7    |
| 2.4.1 Objetivo general .....                                     | 7    |
| 2.4.2 Objetivo específico .....                                  | 8    |
| 2.5 SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS . | 8    |
| 3.- FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....                                 | 9    |
| 3.1 TRABAJOS ASOCIADOS A LA INVESTIGACIÓN.....                   | 9    |
| 3.1.1 Antecedentes internacionales .....                         | 9    |
| 3.1.2 Antecedentes nacionales.....                               | 9    |
| 3.1.3 Antecedentes locales.....                                  | 10   |
| 3.2 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA .....                              | 11   |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 3.2.1   | Cacao su origen y variaciones .....                        | 11 |
| 3.2.2   | Clasificación del Cacao Ecuatoriano .....                  | 12 |
| 3.2.3   | Etapas del proceso de cacao .....                          | 13 |
| 3.3     | El beneficiado del cacao .....                             | 13 |
| 3.3.1   | Parámetros de calidad del beneficiado .....                | 14 |
| 3.4     | El secado de cacao .....                                   | 15 |
| 3.4.1   | Métodos de secado de cacao.....                            | 16 |
| 3.4.2   | Método Natural al Sol .....                                | 16 |
| 3.4.3   | Método artificial .....                                    | 20 |
| 3.5     | Fundamentos técnicos del secado de cacao .....             | 23 |
| 3.5.1   | Parámetros de secado.....                                  | 23 |
| 3.6     | Calidades de secado de cacao .....                         | 24 |
| 3.7     | Contextura de secado.....                                  | 25 |
| 3.7.1   | Valoración inicial .....                                   | 25 |
| 3.8     | Condiciones de secado.....                                 | 26 |
| 3.8.1   | Peso promedio del grano seco .....                         | 26 |
| 3.8.2   | Porcentaje de granos defectuosos y dañados .....           | 27 |
| 3.8.3   | Humedad del grano.....                                     | 27 |
| 3.8.4   | Humedad según Norma Ecuatoriana .....                      | 28 |
| 3.8.5   | Características del grano después de cortarse .....        | 28 |
| 3.9     | MÉTODO DE CONTROL DEL SECADO DE CACAO.....                 | 30 |
| 3.10    | Terminado de secado y su reconocimiento.....               | 30 |
| 3.11    | MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA SECADORA ... | 31 |
| 3.11.1  | Partes eléctricas .....                                    | 31 |
| 3.11.2  | Motor monofásico .....                                     | 31 |
| 3.11.3  | Partes y componente de un motor .....                      | 32 |
| 3.11.4  | Funcionamiento del motor.....                              | 33 |
| 3.11.5  | Sopladores de aire o blower.....                           | 33 |
| 3.11.6  | Resistencias eléctricas .....                              | 34 |
| 3.11.7  | Sensor de Temperatura .....                                | 34 |
| 3.11.8  | Arduino.....   | 35 |
| 3.11.9  | ESP32. ....  | 36 |
| 3.11.10 | Placa de desarrollo.....                                   | 36 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 3.11.11 | Módulos Relé.....   | 37 |
| 3.11.12 | Sensor de Humedad y Temperatura.....                          | 37 |
| 3.11.13 | Impresión en 3D .....   | 38 |
| 3.11.14 | Tubo de acero cuadrado estructural de 30x30x2.5 .....         | 38 |
| 3.11.15 | Cilindro perforado de acero inoxidable 304 .....              | 39 |
| 3.11.16 | Plancha perforada de acero negro.....                         | 39 |
| 3.11.17 | Chumaceras de piso .....                                      | 40 |
| 4.-     | MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS .....                                | 41 |
| 4.1     | Metodología.....  | 41 |
| 4.1.1   | Tipos de investigación .....                                  | 41 |
| 4.1.2   | Técnicas de investigación.....                                | 41 |
| 4.2     | Método de Diseño de máquinas.....                             | 42 |
| 4.2.1   | Flujo de trabajo .....  | 42 |
| 4.2.2   | Necesidades del usuario en torno a la máquina.....            | 42 |
| 4.2.3   | Planimetría y diseño a detalle.....                           | 43 |
| 4.2.4   | Diagrama de flujo en función del cacao .....                  | 43 |
| 4.2.5   | Situación actual y problemáticas .....                        | 45 |
| 5.-     | ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....                  | 48 |
| 5.1     | Construcción de la máquina y sistema de secado.....           | 48 |
| 5.1.1   | Materiales principales.....                                   | 48 |
| 5.1.2   | Construcción de la máquina y su estructura .....              | 49 |
| 5.1.3   | Colocación de placas de acero.....                            | 50 |
| 5.1.4   | Pruebas iniciales de carga con cacao .....                    | 51 |
| 5.1.5   | Pintura del prototipo .....                                   | 52 |
| 5.2     | Pruebas de secado de cacao .....                              | 53 |
| 5.2.1   | Primera prueba de secado .....                                | 53 |
| 5.2.2   | Pre-montaje del nuevo motor .....                             | 54 |
| 5.2.3   | Equipos usados para pruebas .....                             | 59 |
| 5.2.4   | Segunda prueba de secado de cacao .....                       | 60 |
| 5.3     | Características finales de la máquina .....                   | 61 |
| 5.3.1   | Instrucciones de uso de la máquina.....                       | 62 |
| 5.4     | Requerimientos del Motor .....                                | 62 |
| 5.4.1   | Datos del sistema para cálculo de requerimiento de motor..... | 62 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 5.4.2 | Cálculo de Velocidad Angular de salida ( $\omega_{salida}$ )..... | 62 |
| 5.4.3 | Cálculo de Torque Requerido ( $\tau$ ) .....                      | 63 |
| 5.4.4 | Cálculo de la Potencia Requerida ( $P$ ).....                     | 64 |
| 5.4.5 | Relación de reducción de la Caja Reductora.....                   | 64 |
| 5.4.6 | Cálculo de consumo de máquina:.....                               | 66 |
| 5.4.7 | Cálculo de mensual:.....  | 66 |
| 5.5   | Costo y presupuesto de mantenimiento de la maquina: .....         | 67 |
| 5.5.1 | Presupuesto de la máquina .....                                   | 68 |
| 5.5.2 | Vida útil de la Maquinaria .....                                  | 70 |
| 5.5.3 | Factores que afectan la durabilidad de la máquina secadora.....   | 70 |
| 5.5.4 | Costo beneficio de la maquina.....                                | 73 |
| 5.6   | EVALUACIÓN TÉCNICA, AMBIENTAL, SOCIAL Y ECONÓMICO.....            | 77 |
| 5.7   | IMPACTO TÉCNICO .....   | 77 |
| 5.8   | IMPACTO AMBIENTAL.....  | 77 |
| 5.9   | IMPACTO ECONÓMICO .....   | 77 |
| 5.10  | IMPACTO SOCIAL.....   | 77 |
| 6.-   | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                              | 78 |
| 6.1   | CONCLUSIONES.....   | 78 |
| 6.2   | RECOMENDACIONES .....   | 78 |
| 7.-   | REFERENCIAS .....   | 80 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|          |  |    |
|----------|--|----|
| Tabla 1. | Actividades planteadas .....             | 8  |
| Tabla 2. | Clasificación del Cacao [16] y [17]..... | 12 |
| Tabla 3. | Proceso del Cacao [14].....              | 14 |
| Tabla 4. | Procedimiento de secado [24] .....       | 17 |
| Tabla 5. | Parámetros de secado .....               | 23 |
| Tabla 6. | Calidad de Grano seco [27] .....         | 24 |

|  |    |
|--|----|
| Tabla 7. Valoración Inicial de Granos .....                                  | 26 |
| Tabla 8. Contextura del grano seco según su clasificación de corte [27]..... | 28 |
| Tabla 9. Control del secado de cacao .....                                   | 30 |
| Tabla 10. Reconocimiento del grano está seco [2].....                        | 31 |
| Tabla 11. Ventajas de motorreductores [30] .....                             | 32 |
| Tabla 12: Flujo de Trabajo .....   | 42 |
| Tabla 13. Materiales .....   | 48 |
| Tabla 14. Construcción de la estructura .....                                | 49 |
| Tabla 15. Colocación de Planchas de acero .....                              | 50 |
| Tabla 16. Tabla de prueba de carga .....                                     | 51 |
| Tabla 17 Pintura del prototipo .....   | 52 |
| Tabla 18 Secado de cacao primer intento .....                                | 53 |
| Tabla 19: Componentes y colocación de motor .....                            | 55 |
| Tabla 20: Recubrimiento térmico .....  | 56 |
| Tabla 21: Pruebas térmicos .....   | 57 |
| Tabla 22: Conexión de cables y la parte de control.....                      | 58 |
| Tabla 23: Equipos para pruebas.....  | 59 |
| Tabla 24: Segunda prueba .....   | 60 |
| Tabla 25: Características finales de la máquina .....                        | 61 |
| Tabla 26: Materiales para el mantenimiento de la máquina.....                | 67 |
| Tabla 27: Costo anual del mantenimiento de la máquina.....                   | 67 |

|  |    |
|--|----|
| Tabla 28: Presupuesto anual del mantenimiento de la máquina..... | 68 |
| Tabla 29: Presupuesto de la máquina (1).....                     | 68 |
| Tabla 30: Presupuesto de la máquina (2).....                     | 69 |
| Tabla 31: Presupuesto de la máquina (3).....                     | 69 |
| Tabla 32: Gastos varios .....                                    | 70 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Proceso del cacao [15] .....                                    | 11 |
| Figura 2. Procesos agrícolas y de calidad del cacao, basado en [19] ..... | 13 |
| Figura 3. Secado natural en concreto [23].....                            | 16 |
| Figura 4. Método Rohan [23] .....   | 18 |
| Figura 5. Método de Marquesina [17] .....                                 | 19 |
| Figura 6. Túnel de secado [17] .....                                      | 20 |
| Figura 7. Sistema de riel en cajón [17].....                              | 20 |
| Figura 8. Método de secado artificial. [23] .....                         | 21 |
| Figura 9. Método de secado artificial. [23] .....                         | 21 |
| Figura 10. Método de secado artificial. [22] .....                        | 22 |
| Figura 11. Forma del grano [27].....                                      | 25 |
| Figura 12. Motor monofásico [29] . .....                                  | 32 |
| Figura 13. Blower [31] .....  | 33 |
| Figura 14. Resistencias Eléctricas Industriales. [32].....                | 34 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 15. Termocupla tipo K. [32].....                                | 35 |
| Figura 16. ESP32 [35] .....  | 36 |
| Figura 17. Placa de Desarrollo. [23].....                              | 36 |
| Figura 18. Módulos Relé. [36] .....                                    | 37 |
| Figura 19. Sensor de Humedad – Temperatura. [36] .....                 | 37 |
| Figura 20. Impresión 3D [23].....                                      | 38 |
| Figura 21. Tubo de acero cuadrado. [37].....                           | 38 |
| Figura 22. Cilindro perforado de acero inox. [23].....                 | 39 |
| Figura 23. Plancha perforada [37] .....                                | 39 |
| Figura 24. Plancha perforada [23] .....                                | 40 |
| Figura 25. Chumacera de piso. [23] .....                               | 40 |
| Figura 26: Vista de la propuesta de la máquina.....                    | 43 |
| Figura 27. Módulos de Flujo de trabajo .....                           | 44 |
| Figura 28. Secado de grano en aceras.....                              | 45 |
| Figura 29. Secado de grano en la vía publica .....                     | 46 |
| Figura 30. Secado de grano en piso .....                               | 46 |
| Figura 31. Secado de grano en terraza.....                             | 47 |
| Figura 32. Secado de combustión de GLP .....                           | 47 |
| Figura 33. Colocación de nuevo motor .....                             | 54 |
| Figura 34. Cambios adicionales para la ubicación del nuevo motor ..... | 54 |
| Figura 35: Conexión y cables de la resistencia eléctrica.....          | 55 |

## ÍNDICE DE ECUACIONES

|  |    |
|--|----|
| Peso promedio del grano (3-1) .....          | 26 |
| Porcentaje de granos defectuosos (3-2) ..... | 27 |
| Ecuación de Humedad (3-3) .....              | 27 |
| Ecuación de Humedad (3-4) .....              | 28 |
| Cantidad de granos fermentados (3-5) .....   | 28 |

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE INGENIERÍAS Y APLICADAS

### FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

**TEMA:** “CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE SECADO DE GRANOS DE CACAO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SUS PROCESOS”

**Autor:**

Conforme Cruz Gabriel Alexander

### RESUMEN

El proyecto se centra en la construcción y diseño de un prototipo de una secadora de cacao artificial, que es automatizada, que facilite el proceso de fermentación y secado; para optimizar el tiempo de secado y obtener un grano homogéneo que se encuentre correctamente deshidratado y mantenga sus características químicas. Como objetivos se busca diseñar la máquina, implementar su sistema de control automatizado, y evaluar su desempeño. El prototipo pasó por un proceso de diseño metodológico experimental. Se realizaron distintas etapas de construcción de la máquina, donde se aplicó una planimetría, medición, corte y ensamble. Después de un primer intento, la máquina presentó algunas fallas que debieron modificarse, sobre todo el motor y la caja de secado. Se procedió luego a cubrir con lana de vidrio el prototipo y cubrirlo con acero inoxidable 304. Luego se realizó un nuevo cambio en los circuitos, colocando un botón de emergencia, el de encendido y apagado. La máquina puede alcanzar una temperatura mínima de 14.8 °C y 20.5 °C, sin fugas de calor y llega a una temperatura de 55 °C de temperatura óptima y 63 °C. En las pruebas de secado se introdujo el cacao con una humedad de un 14.8 % tomando los datos con el medidor de humedad AMTAST. En 3 horas, se alcanzó un nivel de humedad de un 9,6 %, en 5 horas, se alcanzó un nivel de un 7,4 %, a las 8 horas se alcanzó un porcentaje de un 5,9 %. Por lo que un tiempo óptimo es de un 6 a 7 horas, y se puede secar 30 kg o tres costales a la semana. El costo de la máquina es de 756,12 \$. Su costo contempla los materiales, la mano de obra y gastos varios. Los impactos técnicos del proyecto se presentan al ejecutar una máquina accesible para el campesino y al ser automatizada, pues se conecta por medio de dispositivos móviles con telegrama. El impacto ambiental se presentó al secar los granos de cacao sin contaminantes, cámaras de humo o secado en patio de cemento que produce bacterias que dañan el grano y generan desperdicios. Por lo que la máquina fue efectiva y cumple con los objetivos del caso.

**Palabras clave:** Cacao, secado, mecanismos, máquina, planimetría.

# TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

## FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

**TITLE:** “CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE SECADO DE GRANOS DE CACAO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SUS PROCESOS”

**Author(s):**

Conforme Cruz Gabriel Alexander

### ABSTRACT

The project focuses on the construction and design of an automated prototype of an artificial cocoa dryer to facilitate the fermentation and drying process, optimize the drying time, and obtain a homogeneous bean that is properly dehydrated and maintains its chemical characteristics. The objectives are to design the machine, implement its automated control system, and evaluate its performance. The prototype went through a process of experimental methodological design, and different stages of construction of the machine were carried out, where planimetry, measurement, cutting, and assembly were applied. After a first attempt, the machine presented some failures that had to be modified, especially the motor and the drying box. The prototype was then coated with glass wool and covered with 304 stainless steel. Then, a new change was made in the circuits, placing an emergency button and an on/off button. The machine can reach a minimum temperature of 14.8°C and 20.5°C, with no heat leakage, and reaches a temperature of 55°C, optimum temperature, and 63°C. In the drying tests, the cocoa was introduced with a humidity of 14.8%, taking the data with the AMTAST humidity meter. In 3 hours, a humidity level of 9.6% was reached. In 5 hours, a level of 7.4% was reached. In 8 hours, a percentage of 5.9% was reached. Therefore, an optimum time is 6 to 7 hours, and 30 kg or three sacks per week can be dried. The cost of the machine is \$756.12, which includes materials, labor, and miscellaneous expenses. The technical impacts of the project are presented by running a machine that is accessible to the farmer and automated because it is connected via mobile devices with the telegram. The environmental impact was demonstrated by drying the cocoa beans without pollutants, smoke chambers, or drying in a cement patio that produces bacteria that damage the beans and generate waste. Therefore, the machine was effective and met the objectives of the case.

**Keywords:** Cocoa, drying, mechanisms, machine, planimetry.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y**  
**APLICADAS**  
**CARRERA: INDUSTRIAL**

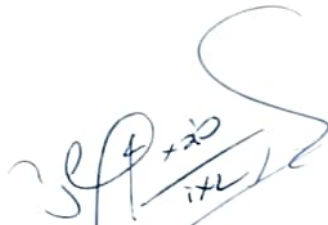
**Nombre del estudiante: Gabriel Alexander Conforme Cruz**

**AVAL DE TRADUCCIÓN- Profesional Externo**

Jorge Dario Diaz Vinueza con cédula de identidad número 1103664189 Licenciado en Ciencias de la Educación Especialidad de Idioma Ingles, Magister en Docencia Universitaria y Administración Educativa con número de registro de la SENESCYT 1045-16-86076959, **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma Inglés del resumen del trabajo de investigación con el título **“CONSTRUCCION DE UNA MAQUINA DE SECADO DE GRANOS DE CACAO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SUS PROCESOS** de **Gabriel Alexander Conforme Cruz** egresado/a de la carrera de **Ingeniería Industrial** perteneciente a la Facultad de CIYA

En virtud de lo expuesto y para constancia de lo mismo se registra la firma respectiva

Latacunga, 17 de febrero de 2025



.....  
Lic. Jorge Dario Diaz Vinueza, M.Sc.  
CI 110366418-9

## 1.- INFORMACIÓN GENERAL

### Título del Proyecto

Construcción de una máquina de secado de granos de cacao para la optimización de sus procesos.

**Fecha de inicio:** octubre de 2024

**Fecha de finalización:** febrero de 2025

**Lugar de ejecución:** Empresa

**Facultad que auspicia:** Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

**Carrera que auspicia:** Ingeniería Industrial

### Equipo de Trabajo

#### Tutor del proyecto de investigación:

**Nombre:** Edison Patricio Salazar Cueva

**Celular:** 0983304033

**Cédula de Ciudadanía:** 050184317-1

**Correo electrónico:** [edison.salazar@utc.edu.ec](mailto:edison.salazar@utc.edu.ec)

#### Coordinador uno del proyecto de investigación:

**Nombre:** Gabriel Alexander Conforme Cruz

**Celular:** 0959222565

**Cédula de Ciudadanía:** 1726281700

**Correo electrónico:** [gabriel.conforme1700@utc.edu.ec](mailto:gabriel.conforme1700@utc.edu.ec)

**Dirección:** Quito, S63 y pasaje B

**Área de conocimiento:**

- Ingeniería, Industria y Construcción. (07-UNESCO, Manual del usuario SNIESE)

**Subárea de conocimiento:**

- Fabricación y procesos. (072-UNESCO, Manual del usuario SNIESE)

**Subárea específica de conocimiento:**

- Ingeniería y profesiones afines: Dibujo técnico, mecánica, electricidad y electrónica

**Línea de investigación:** Procesos industriales.

Para la fabricación, reproducción de piezas mecánicas y el análisis de materiales

**Sublíneas de investigación de la carrera:**

- Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.
- Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos

**2.- INTRODUCCIÓN**

A nivel mundial, el cacao ha incursionado en la 0 de cacao de pequeña escala, como lo son los micro comerciantes y pequeños productores. Según [1] Vanessa Cordero, Ministra De Agricultura, este año se incrementó la producción de cacao un 23 % más que en otros años, y ha involucrado el incremento de provincias que distribuyen el producto como Cotopaxi, Bolívar, Chimborazo, Azuay, que se suman a las provincias costeras de Guayas, Los Ríos y Manabí.

El cacao requiere procesos de postcosecha eficientes y de calidad para garantizar su valor comercial. Sobre todo, en la etapa de secado, pues, en esta etapa se obtiene el aroma y el sabor del chocolate. Este proceso se suele realizar en un área designada como patio de secado, que suele presentar complicaciones por el clima, las bacterias y la fermentación del grano, lo que da como resultado una alta variabilidad en el producto final y una baja eficiencia. Ante este escenario, la presente investigación propone la construcción de una máquina secadora de granos de cacao, con el objetivo de optimizar el proceso y mejorar la calidad del producto.

En la guía de Agroforestales, según [2] menciona que los granos de cacao recién cosechados tienen una humedad del 60-70 %, que debe reducirse al 6-8 % antes de su procesamiento. En el proceso de secado, el flujo de aire debe ser continuo, y debe mantener con poca acidez el fruto. El correcto secado facilita su almacenamiento, pues en este proceso, el grano se humedece un poco. El secado inadecuado puede provocar la aparición de hongos y moho, lo que puede afectar la calidad del cacao. Además, si este se pasa de seco, la cáscara y el grano se quiebran; por otra parte, el color es fundamental, ya que el cacao fermentado y secado de forma correcta posee un color café cenizo.

Según [3] el secado consiste en colocar los granos o almendras ya fermentadas a una exposición de calor con temperatura promedio de 28 a 30 °C, con 6 horas diarias de exposición al sol. Se necesita un mínimo de 4 días de secado. En la actualidad, este proceso se ha diversificado actualmente, y puede clasificarse en tres grupos principales:

- Secado natural. Este método consiste en exponer los granos de cacao al sol o al aire caliente. Es el método más tradicional, pero también es el más lento y el que tiene mayor riesgo de contaminación.
- Secado artificial: Este método utiliza una máquina secadora para reducir la humedad de los granos de cacao. Es el método más rápido y eficiente, pero también es el más costoso.
- Secado mixto. Este método combina las ventajas del secado natural y artificial.

El secado artificial es el método más utilizado en la actualidad, permite reducir el tiempo de secado y mejorar la calidad del cacao.

La siguiente investigación se centra en la etapa de secado, en la actualidad en Ecuador, si se desarrollan máquinas secadoras de cacao como la rectangular, la cilíndrica vertical y el sistema de calentamiento y ventilación rotatorio. Sin embargo, estas máquinas son diseñadas para cantidades de cacao industriales de 500 kg, por lo que sus precios son elevados y dedicados a los grandes productores [4].

En adelante, la investigación se centra en la construcción de una máquina secadora de cacao con capacidad de 30 kg que permita un control de los parámetros de secado a través de una interfaz IoT. Al conectar la máquina a un dispositivo móvil, el productor podrá monitorear y ajustar en tiempo real variables como: la temperatura, la humedad y el flujo de aire. Esta

tecnología permitirá optimizar el proceso de secado, reducir el riesgo de pérdidas y garantizar una calidad constante del producto final.

## **2.1 PROBLEMA**

El productor de cacao ecuatoriano, se enfrentan a un desafío significativo en la optimización de sus procesos de postcosecha, particularmente en el secado de los granos de cacao. La alta humedad ambiental, característica de la región, combinada con la dependencia de métodos tradicionales de secado al sol, exponen a los productores a una serie de inconvenientes que afectan directamente la calidad y cantidad de su producción.

En primer lugar, las condiciones climáticas variables e impredecibles, como las lluvias intermitentes y los altos niveles de humedad relativa, dificultan un secado eficiente y uniforme de los granos. Esto prolonga los tiempos de secado, incrementando el riesgo de fermentación indeseada y el desarrollo de hongos, lo cual disminuye significativamente la calidad del cacao y su valor comercial.

En segundo lugar, la falta de acceso a tecnologías de secado adecuadas y limitan las opciones de los productores para mejorar sus procesos. Las secadoras industriales existentes en el mercado suelen ser de alto costo y requieren conocimientos técnicos especializados para su operación y mantenimiento, lo que las hace inaccesibles para la mayoría de los pequeños productores de la región.

Por último, los métodos tradicionales de secado al sol exponen los granos a diversas fuentes de contaminación, como polvo, insectos y otros agentes externos, lo que deteriora sus características organolépticas y reduce su valor en el mercado. Además, la exposición directa a los rayos solares puede provocar la pérdida de compuestos volátiles responsables del aroma y sabor característicos del cacao fino de aroma.

### **2.1.1 Situación Problemática**

Como eje central de la problemática, la presente investigación identifica una serie de factores que afectan negativamente la calidad del cacao seco y la eficiencia de los procesos de postcosecha.

Los principales problemas asociados al secado tradicional de cacao pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Escaso control de las variables de secado. El secado tradicional está sujeto a la variabilidad de las condiciones climáticas, lo que dificulta el control de variables como la temperatura, la humedad y el flujo de aire. Esta falta de control puede dar un secado desigual, lo que afecta la calidad del grano y aumenta el riesgo de contaminación. Según [5] “Las variaciones en las condiciones climáticas durante el secado pueden influir significativamente en las características organolépticas del cacao, como el aroma y el sabor”.
- Bajo rendimiento y eficiencia: el método tradicional posee un alto costo de mano de obra, pues los trabajadores deben dedicarse específicamente a esta actividad por lo menos 4 a 7 días seguidos, lo que dificulta la planificación de otras actividades del proceso de postcosecha. [6]
- Dificultad para cumplir con los estándares de calidad: La variabilidad en la calidad del cacao seco obtenido mediante métodos tradicionales dificulta el cumplimiento de los estándares de calidad exigidos por los mercados nacionales e internacionales. [7]

### **2.1.2 Formulación del problema**

¿Cómo una secadora de cacao puede ayudar a los productores ecuatorianos a superar los desafíos del secado solar y mejorar la calidad y eficiencia de su producción?

## **2.2 JUSTIFICACIÓN**

Numerosos estudios han demostrado que el control preciso de la humedad y la cantidad de agua en los granos de cacao es fundamental para reducir significativamente los tiempos de secado. Para esto es necesaria la implementación de procesos de transformación industrial, donde se cambió el enfoque tradicional por métodos modernos y automatizados.

Los procesos de secado del cacao suelen tardar en un buen clima alrededor de una semana, por lo que los pequeños comerciantes necesitan dedicar mucho tiempo y esfuerzo a un proceso que da al cacao su característico aroma. Sin embargo, con el avance de la tecnología, un proceso automatizado de secado puede conservar las características del cacao y disminuir su tiempo de secado, mejorando sus propiedades organolépticas.

El presente estudio se centra en la construcción de una secadora de cacao con el objetivo de optimizar este proceso crítico, pues, del secado depende su próximo almacenamiento y distribución. El sector cacaotero ecuatoriano mantiene la calidad de su grano; debido a esto, los agricultores se enfrentan constantemente a desafíos significativos en sus procesos de postcosecha. En primera instancia, por las condiciones climáticas variables, sea esta el exceso de lluvia, o la humedad, y la dependencia de métodos tradicionales, los exponen a disminuir la cantidad de su producción y luchar contra las plagas, que en esta etapa afectan a la almendra cacaotera.

Por lo que se plantea realizar una secadora diseñada para el agricultor minorista que utiliza un sistema de calentamiento eléctrico por niquelina, combinado con una fragua para una distribución homogénea del calor. Esta configuración permite un control preciso de la temperatura y humedad relativa dentro de la cámara de secado, acelerando el proceso de evaporación del agua contenida en los granos sin comprometer la calidad del producto final.

Se debe destacar que la ingeniería industrial pone en práctica la simulación real de todos los parámetros que tenemos en el secado artificial de cacao; además es necesario que las asignaturas de ingeniería industrial nos ayudan a identificar problemas de producción, así como también la reducción de tiempos como movimientos y mantenimiento industrial, lo que permite la construcción del prototipo.

El proyecto beneficiará a los micro productores, en específico a una familia que posee un emprendimiento de cacao, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de estos productores, permitiéndoles obtener mejores precios por su producto y fortalecer su economía familiar. Este proyecto se enfoca en la implementación de una secadora de cacao para abordar la problemática de las variables climáticas. Al ofrecer un ambiente de secado controlado y eficiente con el objetivo de optimizar el secado del cacao.

En la construcción de este modelo se utilizan herramientas como Shapr3D para el diseño de la maqueta; esta herramienta es una solución CAD que permite crear planos y modelos en 3D. Se medirá con un termógrafo para verificar el flujo o distribución del aire y esta herramienta permite medir el comportamiento del motor en torno a la temperatura, la caja reductora, el cilindro, la resistencia eléctrica y el blower, para probar la transferencia de calor.

La automatización se realiza con la herramienta Proteus para el diseño esquemático de control mediante un sistema IoT con una interfaz móvil mediante la aplicación Telegram. Este control permitirá optimizar los procesos y que la máquina sea capaz de controlarse todo el tiempo desde cualquier lugar monitoreando su temperatura y humedad, así se pueden superar los inconvenientes asociados al secado solar tradicional, como la variabilidad en la calidad del producto final y la pérdida de tiempo y recursos.

Este proyecto es posible gracias al financiamiento obtenido a través del emprendimiento artesanal de cacao, que nos permitirá adquirir los materiales y equipos necesarios para la construcción de esta máquina. Además, contamos con el apoyo de los docentes de la Facultad de CIYA, quienes nos brindarán asesoramiento técnico.

## **2.3 BENEFICIARIOS**

### **2.3.1 Directos**

El proyecto tiene como beneficiario directo a una familia emprendedora de cinco miembros que se dedica a la cosecha, post cosecha de cacao y a la venta de chocolate artesanal. Se encuentra ubicado en el cantón el Carmen de la provincia de Manabí; sector la Bramadora.

### **2.3.2 Indirectos**

- Pymes procesadoras de cacao: Que podrían adaptar esta tecnología para mejorar sus procesos y obtener productos de mayor calidad.
- Comercializadores de cacao: Que se beneficiarán de un suministro más estable y de mayor calidad de cacao ecuatoriano.
- Antecedente de investigación para estudiantes e investigadores que desean incursionar en sistemas de secado del cacao y en la construcción de maquinaria semi industrial.

## **2.4 OBJETIVOS**

### **2.4.1 Objetivo general**

Desarrollar un prototipo de secadora de cacao eficiente y sostenible a través de Shapr3D que permita a los pequeños productores ecuatorianos mejorar la calidad de su producto, optimizando sus procesos de postcosecha y acceder a mejores mercados.

## 2.4.2 Objetivo específico

- Diseñar una máquina secadora de cacao de través de Shapr3D para el diseño de piezas necesarias para la implementación del prototipo.
- Implementar un sistema de control remoto basado en IoT, para el monitoreo y control de los parámetros de secado a través de una aplicación móvil.
- Evaluar en el desempeño de funcionalidad y operacionalidad de la máquina en condición real de producción.

## 2.5 SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

La tabla que se presenta a continuación se describen los objetivos específicos junto con actividades y resultados que se ejecutarán en secuencia lógica en el proyecto, como lo menciona la Tabla 1

Tabla 1. Actividades planteadas

| OBJETIVOS   | ACTIVIDADES  | RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD   | MEDIOS DE VERIFICACIÓN  |
|---|--|--|---|
| Diseñar una máquina secadora de cacao de través de Shapr3D para establecer planos y diseño de piezas necesarios para la implementación del prototipo. | Planimetría de la máquina, selección de proveedores de material electrónico, construcción.   | Planos 3D y diagramas de la secadora, disposición directa de material, compra de material electrónico. | Archivos digitales, primeras pruebas de funcionamiento                                  |
| Implementar un sistema de control remoto basado en IoT, para el monitoreo y control de los parámetros de secado a través de una aplicación móvil.     | Diseño del sistema IoT, Selección de componentes electrónicos, desarrollo de conexión móvil., implementación de la conectividad IoT, | Documentación técnica, lista de componentes, programación funcional (Android iOS).                     | Documentación técnica, aplicación funcional, pruebas de usuario, vídeo de demostración. |
| Evaluar en el desempeño de funcionalidad y operacionalidad de la máquina en condición real de producción.   | Selección del grano de cacao a secar, Monitoreo del secado, comparación de cacao seco con el tradicional.                            | Cacao seco, informe de funcionamiento.   | Registros de humedad, color, temperatura, fotos.  |

**Nota.** Elaboración propia

### **3.- FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **3.1 TRABAJOS ASOCIADOS A LA INVESTIGACIÓN**

Dentro de la fundamentación teórica, los análisis de proyectos similares permiten identificar metodologías, problemáticas y objetivos planteados con anterioridad en otras investigaciones. Los proyectos analizados se dividen en nacionales, internacionales y locales. Estos proyectos permiten analizar la metodología propuesta y los resultados obtenidos.

##### **3.1.1 Antecedentes internacionales**

En Perú, se plantea una secadora de cacao con capacidad de 2 toneladas al día. Como metodología se planteó el uso del método de diseño en 5 pasos, donde se determinaron las exigencias de la máquina, las funciones, su análisis morfológico, la solución del problema y la valoración económica. Esto se realizó por medio de flujogramas que permitieron establecer los componentes de la máquina y la función que cada una ejecuta. La máquina logró alcanzar temperaturas de 80 grados, sin embargo, su funcionalidad óptima se mantiene en 65 para evitar la quema del cacao. Esto mantiene la humedad en 13 % ideal para almacenar [8].

En Colombia, se realizó el diseño de un secador convectivo para granos de cacao que se centró en la deshidratación de la almendra. La investigación se basó en crear una máquina con bajos costes, fácil de montar y de dar mantenimiento. Su secado fue de 55 grados centígrados en un tiempo de 16 horas. Esta máquina se basó en la construcción de una cama con aire caliente por medio de cámaras de aire y mezcladores automatizados para tener un secado homogéneo y el uso de ventiladores para mantener el aire limpio [9].

Luego de analizar estos antecedentes internacionales, se puede establecer que el secado mínimo debe ir de 55 grados hasta los 66 grados centígrados.

##### **3.1.2 Antecedentes nacionales**

En Guayaquil, en 2022 se planteó por parte de la Universidad Politécnica Salesiana la construcción una máquina de secadora de cacao tipo tanque con inyección de aire caliente, la metodología planteada fue a través de la investigación experimental, pues para establecer la eficiencia de máquina esta debe de pasar por un proceso de evaluación de variables. Luego se

diseñó el prototipo con materiales de acero inoxidable, que son los adecuados para el proceso de alimentos [10].

En Quito, se realizó el proyecto de elaboración de una máquina para el secado de cacao con interfaz de usuario. Este prototipo tiene una capacidad de 180 kg, y la interfaz permite modificar la temperatura. Para esto, la metodología se basó en siete objetivos específicos que iniciaron en el análisis teórico del secado de cacao, luego se efectuó un análisis termodinámico para la máquina, sus dimensiones y construcción eléctrica. Luego se implementó un HMI que permite controlar la temperatura del aire sin depender de un ordenador. Se organizó una simulación de secado por medio de FEA [11].

En torno al motor se utilizó monofásico de 110 V y se realizó por medio de Autodesk un análisis dinámico del arranque de motor y de su fuerza. La temperatura para el proceso de secado se estableció en 50 a 55 grados, esto evita el sobre secado del producto. El prototipo tuvo un costo de 3.161.62 \$ [11].

Los antecedentes nacionales se realizaron en universidades del Ecuador en los últimos cinco años, en estos se observan interfaces capaces de modificar la temperatura del secado. A continuación, se analizan los antecedentes del sector tanto en la provincia de Cotopaxi como en Latacunga.

### **3.1.3 Antecedentes locales**

En Cotopaxi, Cantón La Maná, se estableció el diseño de una máquina para secado de cacao con controlador digital para modificar la temperatura de 35 a 60 grados centígrados, como metodología se utilizó el diseño concurrente que se basa en establecer los requisitos del cliente, entre estos reducir el tiempo de secado y bajar los costos de mano de obra. Se obtuvo un secado final del grano de 7 grados centígrados y el material usado fue acero inoxidable. En esta investigación se hicieron pruebas de pH del cacao seco. Este prototipo logró secar un quintal en 5 horas [12].

El Latacunga se da la implementación de una secadora cilíndrica a gas para el secado de cacao, la misma que implementó un tiempo de secado de 2 horas por 50 kg, con un nivel de humedad del 7%. El cilindro diseñado posee una altura de 18 cm con un diámetro de 100 cm. Su costo es de 2.163 \$ y se realizó con materiales en acero inoxidable. Para determinar el

comportamiento del secado de la máquina, se efectuaron pruebas de temperaturas en vacío. Con una velocidad de aire de 0.3 m/s a 3 m/s [13].

## 3.2 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA

### 3.2.1 Cacao su origen y variaciones

El cacao proviene de un vocablo que se establece del Maya el cual se traduce como amargo, aunque en inicios se creía que el cacao provenía de México y Centroamérica estudios actuales lo establecen en América del Sur, en específico en zonas Amazónicas y es nombrada científicamente como *Theobroma Cacao* L [14].

Las variedades del cacao se establecen en tres grandes grupos: el cacao criollo, el forastero y trinitario. En Ecuador se maneja el criollo o nacional mezclado con el trinitario, lo que lo hace único e inconfundible; posee características organolépticas para un mercado internacional. Su proceso de producción se puede visualizar en Figura 1.

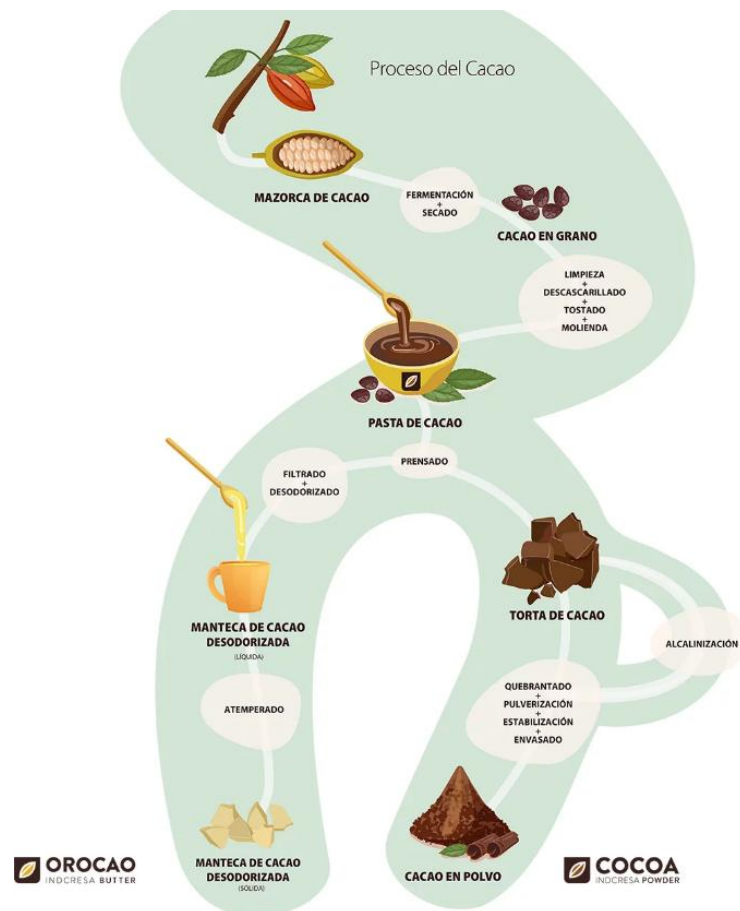


Figura 1. Proceso del cacao [15]

### 3.2.2 Clasificación del Cacao Ecuatoriano

La Asociación Nacional de Exportadores e Industriales de Cacao del Ecuador ANECACAO, menciona en la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación del Cacao [16] y [17]

| TIPO DE CACAO                | CARACTERÍSTICAS   | IMAGEN  |
|------------------------------|---|---|
| <b>Cacao Criollos</b>        | Es conocido como cacao tradicional, su aroma y sabor es frutal, son ideales para la confitería. Y tiene una representación mundial de 12 % su sabor es parecido a la nuez.  |    |
| <b>Cacao Forastero</b>       | Es una especie de cacaotero donde las habas de cacao son más grandes y menos ovaladas, es menos cremosos y más sólidos cuando se transforman en chocolate; su origen es en América Central y del Sur. En Ecuador se encuentra en la zona amazónica. |   |
| <b>Cacao CCN 51 o clones</b> | De origen ecuatoriano en junio del 2005 se declaró, un bien de alta productividad. Es tolerante a las enfermedades, de alta productividad y calidad   |  |
| <b>Trinitario</b>            | Es el resultado del cruce entre el cacao de tipo Criollo de Trinidad y Forastero multiplicado en la cuenca del río Orinoco. Su calidad es intermedia.   |  |
| <b>Caco Nacional</b>         | Posee características semejantes al cacao Forastero, las mazorcas son amelonadas con surcos y lomos poco profundos. El color interno de las almendras es violeta.   |  |

El cacao es uno de los productos más relevantes en la actividad económica del Ecuador. Durante un siglo, fue la principal fuente de progreso económico y social. En la actualidad, se trata de uno de los principales productos exportadores de Ecuador después del petróleo [18].

### 3.2.3 Etapas del proceso de cacao

En la Cartilla de Cosecha [19], son seis etapas correspondientes a los procesos agrícolas y de calidad en la cadena de valor de cacao, donde se aumenta la etapa de calidad y el desgrane. Estas etapas se detallan en la siguiente Figura 2.

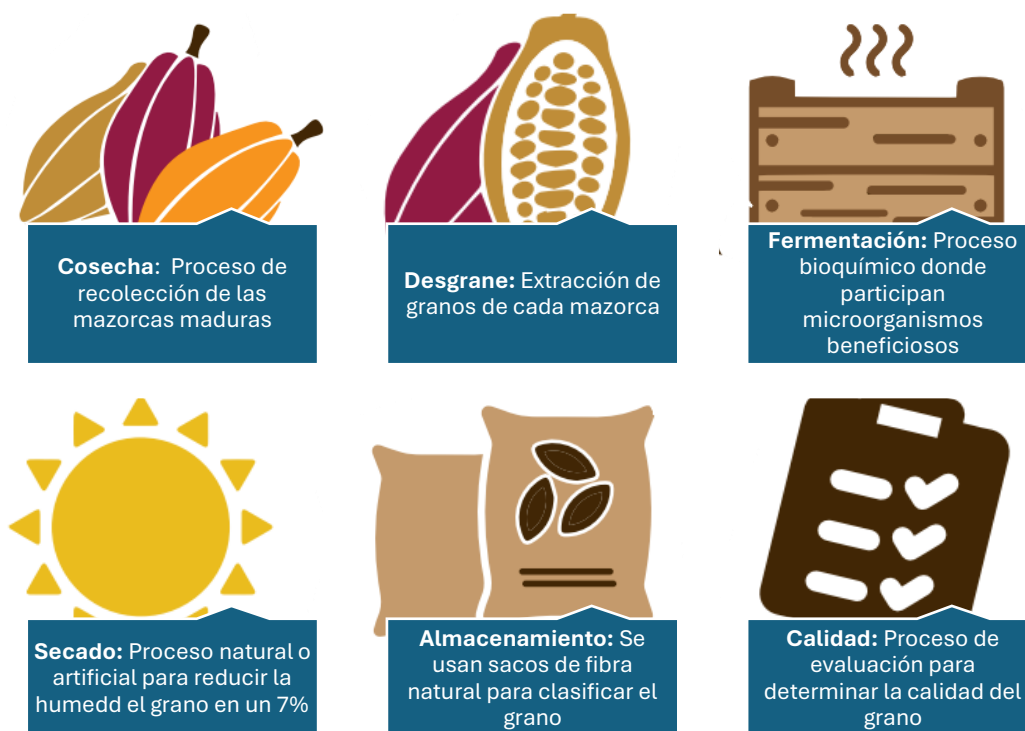


Figura 2. Procesos agrícolas y de calidad del cacao, basado en [19]

### 3.3 EL BENEFICIADO DEL CACAO

El beneficiado se establece como el proceso de cosecha, fermentación, secado y almacenamiento de la almendra de cacao. Esta etapa impacta directamente la calidad y el uso que se le proporcionará al grano, si este es para chocolatería, manteca, o licor. El beneficiado se compone solo por estas etapas, porque en esta se obtiene el mejor sabor del chocolate, y si esta etapa se ejecuta de forma inadecuada, su calidad se verá modificada.

A continuación, se mencionan conceptos básicos de esta etapa en la Tabla 3.

Tabla 3. Proceso del Cacao [14]

| DESCRIPCIÓN   | ETAPA                    | PROCESO DE BENEFICIADO DEL CACAO  |
|---|--------------------------|---|
|    | <b>COSECHA</b>           | En la cosecha se seleccionan las mazorcas maduras para obtener los granos de cacao. Se quiebra o rompe su cáscara, se procede a sacar los granos en tres días máximo ya que esto afecta su futura fermentación. |
|    | <b>LA FERMENTACIÓN</b>   | Se centra en el balance del pH de la almendra, este proceso otorga el sabor amargo. En esta etapa el grano se desase de la baba. En este proceso, el volteado de la almendra otorga una adecuada fermentación.  |
|   | <b>EL SECADO</b>         | Este se divide en secado natural y artificial, en esta etapa se concluye la fermentación. En esta etapa se termina de desarrollar el sabor y aroma del fruto seco. Un pH óptimo es de 5.1 a 5.4                 |
|  | <b>EL ALMACENAMIENTO</b> | Se lo debe almacenar mantenido su secado, esto se puede lograr con sacos de yute, sin que otros olores afecten al grano. En sacos de 60 kg. Y altura de 6 quintales máximos                                     |

En la investigación se tomará el grano que ya ha pasado por el proceso de cosecha y fermentación y que necesita secarse. Por lo tanto, se mencionan a continuación los conceptos asociados a esta etapa.

### 3.3.1 Parámetros de calidad del beneficiado

La normativa ecuatoriana que establece parámetros de calidad del cacao es la INEN 176 para el beneficiado de cacao. Esta se estableció por la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro [20], y bajo resolución técnica se consideró los siguientes lineamientos. El

cacao beneficiado listo para exportarse debe tener un porcentaje máximo de humedad del 7.0%. La NTE INEN 173 establece los siguientes lineamientos [20]:

- No deberá estar infestado de plagas.
- No debe de exceder del 1% de granos partidos
- Debe estar libre de olores a moho, ácido butírico (podrido).
- Deberá estar libre de impurezas.
- No debe tener aspecto de reseco o quemado.
- No debe estar mezclado cacao tipo nacional con otros genotipos existentes en la plantación.

### **3.4 EL SECADO DE CACAO**

Luego de la fermentación se pasa al proceso de secado. Este proceso suele tener sus propias infraestructuras y son elegidas a conveniencia de cada productor. Esto permitirá bajar los índices de humedad en el grano de cacao.

La operación de secado del cacao es esencial para alcanzar las condiciones de equilibrio higrométrico necesarias para su almacenamiento y comercialización. Las semillas de cacao o almendras poseen su característico sabor en esta etapa, gracias a la transferencia de calor que asegura un grano uniforme o con un pH adecuado.

El grano fermentado tiene un contenido de humedad inicial cercano al 65 %, debe someterse a un proceso de deshidratación controlado para reducir su humedad a un rango de un 6.5 % a un 7%. Este rango garantiza la estabilidad del producto, minimizando los riesgos de desarrollo de hongos y bacterias, y facilitando su posterior transformación. El cacao se puede secar natural o artificialmente [21].

La transferencia de calor, por lo tanto, es la constante predominante de la mayoría de las secadoras, sean naturales o artificiales, ya que el calor debe correr por los granos mientras estos también rotan para conservar su estado homogéneo. Además, se debe almacenar su grano a una humedad de un 7 % según la norma INEN 0176.

### 3.4.1 Métodos de secado de cacao

Antes de iniciar todo proceso de secado, es indispensable que el grano pase por lo menos dos horas al sol, o que repose, para bajar la acidez del grano. Luego se podrá usar cualquier método sea artificial o natural.

### 3.4.2 Método Natural al Sol

Este es un proceso tradicional y ampliamente utilizado en la producción de cacao, especialmente en pequeñas y medianas fincas. Consiste en exponer el grano de cacao fermentado a la radiación solar directa para reducir su contenido de humedad, lo que permite su conservación y posterior procesamiento. Este secado oscila aproximadamente de 5 a 7 días dependiendo del clima sobre pisos de madera, concreto o esteras de bambú [22]. En la investigación se realiza por parte del usuario el secado del cacao en concreto, como se puede apreciar en Figura 3.



Figura 3. Secado natural en concreto [23]

#### 3.4.2.1 Procedimiento de secado al sol

Los procesos de secado se deben realizar con normas técnicas de higiene, como uso de mascarillas, cubrirse el cabello con una cofia o pañoleta, limpiar la zona de secado, sea este un patio de cemento, o un tendal o marquesina, de esta forma se puede lograr un proceso higiénico que permita proteger a la almendra de hongos, esto se amplía en la Tabla 4.

Tabla 4. Procedimiento de secado [24]

| PROCEDIMIENTO DE SECADO                   | DESCRIPCIÓN  | IMAGEN  |
|---|--|---|
| <b>Materiales y herramientas</b>          | Estas deben estar limpias, se utilizan baldes para mover los granos desde el punto de acopio de la fermentación, hasta los patios de secado, o la marquesina, además se utiliza una pala de madera.  |    |
| <b>Restricciones de la zona de secado</b> | No se puede secar el producto en la orilla de una carretera o camino; si se seca al aire libre, se debe usar plástico para cubrir el producto en caso de lluvia o rocío.   |    |
| <b>Inicio del proceso de secado</b>       | <p>Colocar los granos con recipientes limpios.</p> <hr/> <p>Se deben colocar los granos sobre la superficie de secado, sea esta la plataforma de madera o superficie de cemento para exponerla al sol.</p> <hr/> <p>No se debe de sobrepasar el espesor de apilado de grano más de 4 a 5 cm</p> <hr/> <p>Dejar un camino para poder caminar y mecer el grano sin pisarlo</p> |  |
| <b>Segundo día de secado</b>              | El proceso debe ser de 4 horas de secado en el segundo día.  |  |
| <b>Semana de secado</b>                   | Se debe de voltear los granos cada 4 horas entre 6 a 7 días, con una pala de madera  |  |
| <b>Prueba inicial de granos secos</b>     | Luego de los 7 días se toma un puñado de granos de cacao y estos deben de crujir, esto indica que el grano está seco.  |  |

Para este secado se distribuye el material en capas de 3 cm de espesor en superficies de cemento, que se mese con una especie de haragán de madera, instrumento comúnmente usado en la zona. Se debe exponer a cuatro horas mínimo de sol las primeras 24 horas, luego se expone en el sol por cuatro días más. De cada tres quintales de cacao en baba (húmedo) se obtiene un quintal de cacao seco [18].

En torno al secado en el cemento, los granos pueden obtener las texturas rugosas del piso, incluso con la textura de la madera. Esto afecta su venta al bajarlo de calidad, mientras que el bambú no transmite olores, sin embargo, este método puede transmitir bacterias, se produce una fermentación deficiente, como granos partidos, además presenta un porcentaje de moho alto de 1,33 %, y color verde en los granos; mientras que el secado con gas no presenta moho.

### 3.4.2.2 Algunos métodos de secado natural

- **Método Rohan**

El método de secado Rohan es una técnica tradicional utilizada en la postcosecha del cacao para reducir su contenido de humedad y prepararlo para su almacenamiento y comercialización. Este método presenta características particulares que lo hacen atractivo para pequeños productores, pero también plantea desafíos en términos de eficiencia, consiste en extender el cacao sobre esteras de bambú o plataformas elevadas de madera, exponiéndolo directamente a la radiación solar así la humedad del grano se evapora gradualmente [22].

Como podemos visualizar en la Figura 4, para este método se coloca el grano en cajas de madera, y no toca directamente el suelo para evitar la humedad del piso; este tipo de fermentación y de secado dura 120 horas, o un aproximado de 5 días.



Figura 4. Método Rohan [23]

Por lo general, son bandejas de 90 cm de ancho y de 120 cm de largo, y 10 cm de alto, con una capacidad de secado de 2 quintales o 240 libras de cacao en almendra con baba. Y para tapar las bandejas se suelen ocupar las hojas de plátano o banano.

- **Método de secado en marquesina**

Este método es el tradicional: la colocación del grano en patios de cemento, que suelen realizarse con un desnivel que ayuda a filtrar la humedad del grano, se pasa un rastrillo de madera y se pasa este rastrillo para que el grano circule y se seque de forma húmeda. Los primeros días se debe tomar en cuenta solo dejar de 2 a 4 horas, pues la exposición directa al sol afecta la cáscara de la almendra al ponerla dura, lo que evita que saque los gases y la fermentación de la almendra, como se ve en la Figura 5.

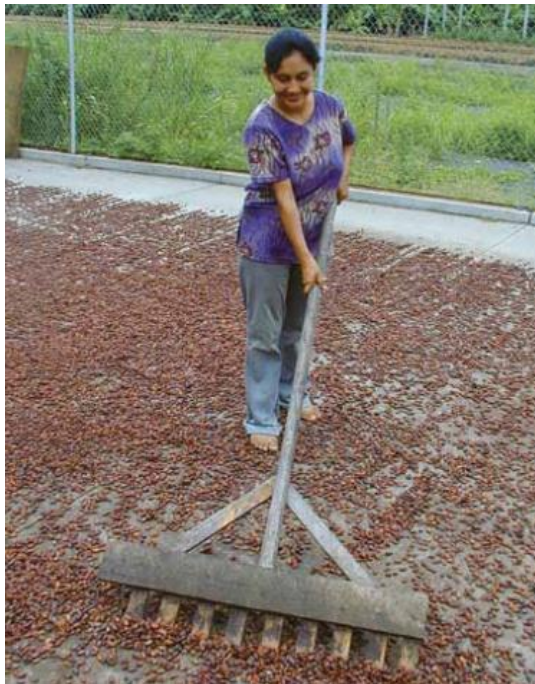


Figura 5. Método de Marquesina [17]

- **Túnel de secado**

Es una casa de plástico formada con vigas de madera. Se usa plástico transparente que protege de la lluvia e incrementa el calor, por lo que la estructura posee una ventilación a nivel del suelo donde el plástico se levanta en forma de cortina para la circulación del aire evitando la humedad, como se ve en la Figura 6.



Figura 6. Túnel de secado [17]

- **Sistema de rieles con cajones de madera**

Los cajones de madera se realizan por medio de rieles uno sobre otro. En esta técnica se ahorra tiempo y espacio, pues los granos se pueden recoger de forma rápida cuando el clima cambia y se protege de la lluvia por medio de un toldo, plástico, como se observa en la Figura 7.



Figura 7. Sistema de riel en cajón [17]

### **3.4.3 Método artificial**

Si bien el secado natural es una práctica común en la postcosecha del cacao, su eficiencia se ve comprometida en regiones con alta pluviosidad y gran demanda de este. Ante estas limitaciones, el secado artificial surge como una alternativa tecnológicamente viable y escalable, permitiendo optimizar el proceso y garantizar la calidad del producto, independientemente de las

condiciones climáticas. La constante búsqueda por optimizar los procesos de postcosecha ha impulsado el diseño de diversos equipos para el secado artificial del cacao. La Figura 8 y Figura 9 son dispositivos representativos de las innovaciones en este campo.



Figura 8. Método de secado artificial. [23]



Figura 9. Método de secado artificial. [23]

El secado artificial del cacao implica el empleo de aire caliente para eliminar la humedad del grano. Es fundamental garantizar un flujo de aire adecuado y evitar la contaminación por humo, utilizando fuentes de calor limpias como gas natural o electricidad. En secadores rotativos tipo Guardiola, se recomienda un pre secado al sol para reducir la humedad superficial y prevenir obstrucciones en el equipo, como se observa en la Figura 10.

La temperatura de secado no debe superar los  $60^{\circ}$  -  $80^{\circ}$  C, controlada mediante termocuplas, para preservar la calidad del producto. En la ilustración 2-5 observaremos una maquinaria rotatoria tipo Guardiola para el secador artificial. [22]

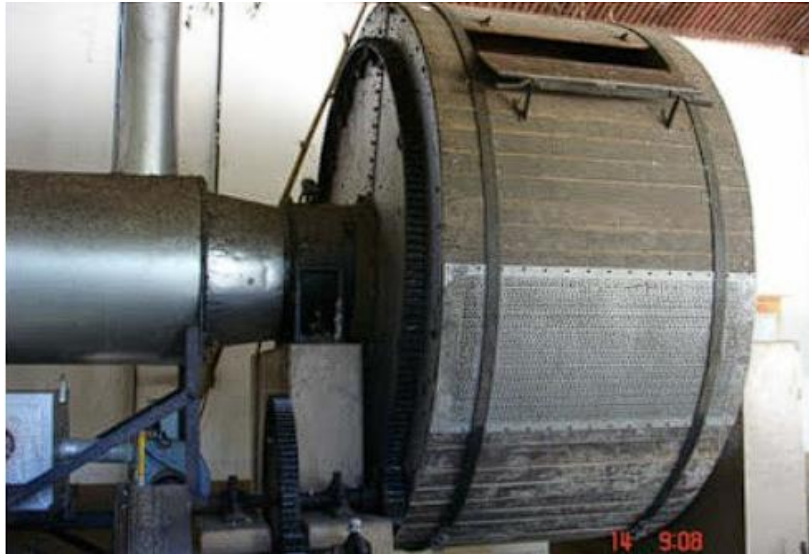


Figura 10. Método de secado artificial. [22]

Algunas formas de secado artificial son:

- **Secado de tambor**

Para iniciar con este secado es indispensable que el grano por lo menos pase un día en el sol, para que adquiera el color característico y el sabor. Luego se coloca en la máquina de tambor que también forma parte del secado artificial. Esta se basa en la construcción de un rodillo metálico que se calienta para lograr la evaporación del líquido. Este líquido evaporado se puede pegar al tambor en forma de capa viscosa que debe retirarse en la limpieza del tambor. Por lo general, el secado de tambor puede ser en forma de horizontal o vertical.

- **Secado cilíndrico vertical**

Este tipo de maquinaria utiliza el menor tiempo posible para secar los granos, a diferencia de las camas rectangulares. Su temperatura es capaz de regularse de forma automatizada, su sistema se centra en el calentamiento del aire y su ventilación [25].

- **Secadores adiabáticos**

Son secadores de granos que utilizan gas caliente en su proceso de secado por su estabilidad y eficiencia. Además, no deja olores en su proceso de secado. Para esto se utiliza la transferencia de calor y energía a la masa y la transferencia de humedad de forma simultánea. Por lo tanto, los secadores adiabáticos que usan aire manejan como variables la humedad y la temperatura.

### 3.5 FUNDAMENTOS TÉCNICOS DEL SECADO DE CACAO

#### 3.5.1 Parámetros de secado

Para esto, los granos ya han pasado por su etapa de fermentación, y poseen parámetros que deben destacarse en esta etapa: la humedad, la temperatura y el aire. Estos elementos permiten que el grano se seque de forma equilibrada, conservando sus sabores. Estos factores ambientales se detallan en la Tabla 5.

Tabla 5. Parámetros de secado

| PARÁMETRO                  | CARACTERÍSTICAS  |
|----------------------------|--|
| <b>La humedad</b>          | La humedad es de 65 % y debe bajar a 7 % el secado de la humedad se ejecuta desde la superficie interior del grano, pero adentro del mismo permanece todavía húmedo. Por lo que un secado lento permite que los líquidos en específico el ácido acético y el ácido láctico salgan [26].  |
| <b>Velocidad de secado</b> | El secado debe ser lento para que los líquidos disminuyan en el interior del grano, el aire ingresa por los poros de la cáscara y el grano se seca por completo. La velocidad alta o muy baja afectará el resultado final.<br><br>Con una velocidad muy alta, los granos guarden ácido acético en su interior y se aplasten por efecto de la contracción y con una velocidad muy baja existen altas probabilidades de que los granos formen hongos [26].<br><br>El secado debe de ser de al menos 7 días |
| <b>La remoción</b>         | Los granos deben de circular para que el aire permita homogeneidad en todo el secado, y la circulación natural del aire. El movimiento de grano debe estar entre 3 a 6 rpm   |
| <b>La temperatura</b>      | La humedad adecuada es de 60 a 70 grados centígrados.  |

Estos parámetros permiten establecer las características óptimas de un buen secado donde:

- El menor porcentaje (%) de humedad en el aire que entra en contacto o está cerca del cacao [26].
- La mayor temperatura del aire, considerando un límite de 60° C [26].

- La mayor velocidad con la cual el aire se renueva pasando entre y sobre el cacao [26].
- El mayor porcentaje (%) de la superficie del grano queda expuesta al aire [26].

### 3.6 CALIDADES DE SECADO DE CACAO

En su obra Manual para la Evaluación de la Calidad del Grano de cacao, Aguilar [27] establece las características que debe de poseer un grano correctamente secado. En este manual se especifican a las siguientes atribuciones que debe poseer una almendra seca para ser comercializada y procesada, Estas son Calidad A o Calidad B y deben cumplir con los siguientes parámetros.


Tabla 6. Calidad de Grano seco [27]

| ATRIBUTO                      | ESPECIFICACIÓN DE TIPO             | ESPECIFICACIONES DE CALIDAD A                                      | ESPECIFICACIONES DE CALIDAD TIPO B                                      |
|-------------------------------|------------------------------------|--|---|
| <b>Contenido de Humedad</b>   | Humedad de grano                   | Máximo 6,5 %   | Máximo 7 %  |
| <b>Peso promedio de grano</b> | Peso                               | Mínimo: 1.05 g   | Mínimo: 0.80 g  |
| <b>Análisis sensorial</b>     | Sabor de cacao                     | Alto   | Alto  |
|                               | Acidez                             | Poco   | -   |
|                               | Amargura                           | Poco   | -   |
|                               | Sabor extraño                      | No se acepta sabor a humo, podrido, sabor a jamón u otros sabores. | Se evalúa para detectar malos sabores, y no se acepta ningún mal sabor. |
| <b>Prueba de corte</b>        | Bien fermentados                   | Mínimo el 75%  | Mínimo el 65%   |
|                               | Ligeramente violetas               | Máximo el 20%  | Máximo el 30%   |
|                               | Sobre fermentados                  | Máximo el 8%   | Máximo el 20%   |
|                               | Moho interno                       | Máximo el 3%   | Máximo el 3%  |
|                               | Pizarrosos                         | Máximo el 1%   | Máximo el 1%  |
|                               | Gemelos, planos, quebrados y otros | Máximo el 2,5%   | Máximo el 3,5%  |
|                               | Daños por insectos                 | Máximo el 1%   | Máximo el 1,5%  |

Para llevar a cabo esta evaluación se debe de tomar una muestra de 2 kg según estándares ISO 2292 de un quintal. Los granos deben tomarse al azar. Para muestras primarias y más pequeñas se establecen 100 gramos en cada punto o de cada secada, lo que equivale a aproximadamente 300 granos por saco.

### 3.7 CONTEXTURA DE SECADO

En la contextura de secado es necesario establecer las siguientes etapas: Valoración inicial, humedad del grano y las características del grano después de cortarse. Esto se analiza a continuación.

| CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD<br>EN EL SECADO   | IMAGEN   |
|--|--|
| <p><b>Color externo:</b> canelo o café oscuro</p> <p>Cáscara fácilmente desprendible.</p> <p><b>Color interno:</b> café claro, marrón oscuro o chocolate</p> <p><b>Olor:</b> A chocolate.</p> <p><b>Sabor:</b> amargo, medio</p> |  <p>Estructura interna en forma de riñón con espacios o surcos que suelen estar marcados.</p> |

#### 3.7.1 Valoración inicial

La valoración del grano, como se menciona, es parte de los parámetros de secado del grano y hace referencia a la contextura de un grano correctamente seco. Para esto se analiza su forma, color y aroma.

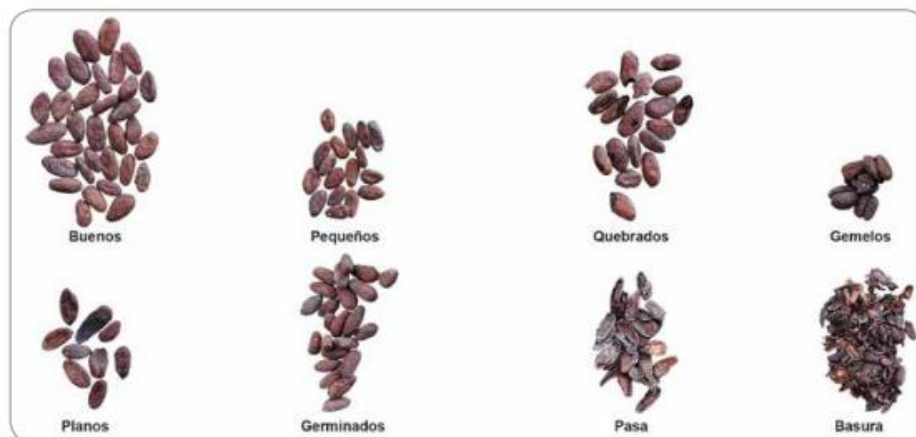


Figura 11. Forma del grano [27]

Los granos poseen distintos tamaños que deben ser clasificados para obtener una mejor calidad del producto. Estas variables modifican el tostado del grano. Se debe de establecer en la muestra el total de grano dañado, como se analiza en la Tabla 7.

Tabla 7. Valoración Inicial de Granos

| VALORACIÓN INICIA            | CARACTERÍSTICAS   |
|------------------------------|---|
| <b>Forma del grano</b>       | El grano debe ser uniforme en cuanto a sus almendras. Con forma de elipsi, si están aplanados estos serán asidos y no son útiles. |
| <b>Exterior del grano</b>    | Es de tono colorado, si este color es oscuro esto indica un inadecuado secado.  |
| <b>Resistencia del grano</b> | Al apretar el grano entre dos dedos se debe quebrar y desbaratar con facilidad  |
| <b>Olor</b>                  | Es suave con el olor característico del chocolate, no debe tener olor a humo, queso o pescado.                                    |
| <b>Sabor</b>                 | Los granos se pueden saborear, con acidez, amargor, astringencia adecuados para degustarse.                                       |

### 3.8 CONDICIONES DE SECADO

Para lograr un óptimo secado, se debe pasar por un proceso lento, donde el grano entra siendo pesado a la etapa de secado y se termina sacando toda la humedad de este, logrando un peso óptimo. Estas variables, como el peso del grano, y la humedad, se analizan a continuación.

#### 3.8.1 Peso promedio del grano seco

Se realiza tomando la muestra uniforme, dejando de lado los granos pequeños de la imagen y con una balanza se toman los siguientes datos.

$$PG = \frac{P(g)}{M} \times 100 \quad (3-1)$$

**Dónde:**

**PG**= Porcentaje de granos defectuosos y dañados

**P(g)**= Peso de la muestra en gramos.

**M**= muestra

### 3.8.2 Porcentaje de granos defectuosos y dañados

Luego del secado, se debe establecer el porcentaje de granos que se han dañado en porcentaje; para determinar el número de granos defectuosos de la muestra se procede a realizar la siguiente fórmula.

$$PGDF = \frac{P_{dd}}{P_m} \times 100 \quad (3-2)$$

**Dónde:**

$PGDF$  = Porcentaje de granos defectuosos y dañados

$P_m$  = Peso de muestra total

$P_{dd}$  = peso de granos defectuosos y dañados

### 3.8.3 Humedad del grano

Determinar la humedad final de la almendra es predominante, ya que un grano con más de un 8 % de humedad, se puede infestar por microorganismos que deterioran la calidad. Estos microorganismos por lo general son hongos y moho:

$$H\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100 \quad (3-3)$$

**Dónde:**

$H\%$  = contenido de humedad del grano de cacao (%)

$m_0$  = tara, peso de cápsula vacía y tapa (g)

$m_1$  = peso de cápsula con muestra húmeda tapada (g)

$m_2$  = peso de cápsula con muestra seca tapada (g)

Este proceso permite establecer el secado. La máquina artificial dará al grano. Para esto se establecerán los pesos de su masa y serán los mismos productos. Si no se desea aplicar esta fórmula, se puede usar una termo balanza o un aparato medidor de humedad para granos.

### 3.8.4 Humedad según Norma Ecuatoriana

Según la norma NTE INEN 0173 se debe establecer una fórmula estandarizada para calcular la humedad de la almendra de cacao, esta forma se detalla a continuación:

$$\text{Humedad} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (3-4)$$

**Dónde:**

$m_{1-}$  = Masa al inicio del proceso en kg

$m_{1-}$  = Masa al final del proceso en kg

Este proceso permite establecer el secado la máquina artificial dará al grano. Para esto se establecerán los pesos de su masa y restar los mismos productos.

### 3.8.5 Características del grano después de cortarse

#### 3.8.5.1 La prueba de corte

Es un método eficaz para identificar la calidad de secado. Para esto se requiere una percepción visual adecuada e identificar cada grano de la muestra. Con la tabla 8 se pesa y se identifica grano por grano, se guillotina los granos con una navaja. Para medir el porcentaje de granos bien fermentados se obtiene lo siguiente [28].

$$\text{Calidad de Grano} = \frac{N.f}{Tg} \times 100\% \quad (3-5)$$




**Dónde:**

$N.f$  = Número de granos bien fermentados

$Tg$  = Total granos de muestra

En la Tabla 8 se analiza la forma que tienen los granos de cacao por dentro, cada imagen representa su forma y estado de fermentación, esta clasificación nos ayuda a establecer el número de granos que se encuentran bien fermentados.

Tabla 8. Contextura del grano seco según su clasificación de corte [27]


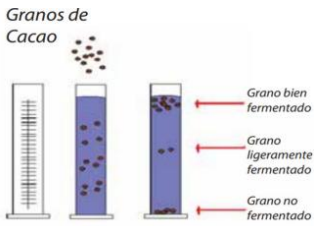
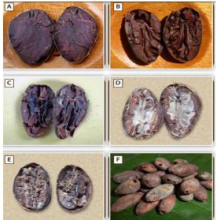
| CLASIFICACIÓN                       | CARACTERÍSTICAS   | IMÁGENES DE GRANOS  |
|-------------------------------------|---|---|
| <b>Bien fermentado.</b>             | Coloración marrón o marrón oscuro. Apariencia hinchada, no compacto. Estrías profundas, grietas o cavidades. Testa o cascarilla suelta.                           |    |
| <b>Ligeramente violeta</b>          | Coloración marrón violeta indicativo de fermentación parcial.   |    |
| <b>Sobre fermentado</b>             | Coloración marrón oscuro. Sabor indeseable. Defecto serio.  |   |
| <b>Mohoso</b>                       | Moho visible a simple vista (diversos colores). Sabor indeseable. Causa: geminación, daño mecánico o por insectos almacenado con alta humedad y secado deficiente |  |
| <b>Pizarroso</b>                    | Ningún efecto de fermentación. Color pizarra (gris). Compacto, sin agrietamiento. Defecto serio.  |  |
| <b>Daño por insectos y roedores</b> | Perforaciones o picados por insectos o roedores.  |  |

El proceso se debe hacer a todos los granos de la muestra. Mínimo 100 granos o 2 kilo.

### 3.9 MÉTODO DE CONTROL DEL SECADO DE CACAO

De cada tres quintales de cacao en baba (húmedo) se obtiene un quintal de cacao seco, por eso es imprescindible secar de forma adecuada. Para esto podemos comprobar que el grano se encuentre seco con el método visual y por punción. Estos métodos tradicionales han sido efectivos y se detallan a continuación en la siguiente Tabla 9.

Tabla 9. Control del secado de cacao

| MÉTODO      | PRUEBA DE ROSE  | PRUEBA DE AGUA  | PRUEBA DE CORTE   |
|-------------|---|---|---|
| ILUSTRACIÓN |                              |   |    |
| CONCEPTO    | Se basan en agarrar un puñado de granos y se los frota con las manos esperando escuchar el quiebre del grano. | Se vierte en una probeta 100 granos de cacao y se establece la fermentación por el número de granos que flota y el que se hunde.  | Se realiza un corte a 100 granos de cacao donde se visualizan por medio de una buena iluminación los defectos del grano por medio de una luz UV |
| RESULTADO   | Debe tener color café cenizo<br><br>No debe ser elástico  | Se utiliza una fórmula sencilla<br>$\%F = (Nf) \times 100 / 100 \text{ granos}$<br><br>$\%F = \text{Grado de fermentación en } \%$<br><br>Nf=Número de Granos que flotan en probeta | Estos se clasifican en seis tipos, y los granos deberán estar en la clasificación C donde el grano es quebrado.                                 |

### 3.10 TERMINADO DE SECADO Y SU RECONOCIMIENTO

Para verificar el secado adecuado del cacao, se emplean pruebas de fragilidad del grano o dispositivos de medición de humedad. Concomitante a este proceso, se realiza una limpieza

exhaustiva para eliminar impurezas como cascarillas, fragmentos vegetales y granos defectuosos. La clasificación por tamaño forma y peso permite garantizar la calidad y homogeneidad del producto final, optimizando su valor comercial [22].

En la Tabla 10 se establecen las características que tendrá una almendra de cacao correctamente fermentada y secada.

Tabla 10. Reconocimiento del grano está seco [2]

| <b>CARACTERÍSTICAS DEL GRANO SECO</b> | <b>CORRECTAMENTE FERMENTADO</b>       | <b>FALTÓ FERMENTACIÓN</b> | <b>SIN FERMENTAR</b>           |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| <b>FORMA</b>                          | Hinchado                              | Aplanado                  | Aplanado                       |
| <b>CASCARILLA</b>                     | Se desprende fácil                    | Es difícil de arrancar    | No se despega del grano        |
| <b>GRANO (CONSISTENCIA)</b>           | Quebrado, color chocolate, café claro | Color cenizo o morado     | Color negro muy duro y solido  |
| <b>OLOR</b>                           | Aromático a chocolate                 | Olor a vinagre            | Si olor aromático. Olor a moho |
| <b>SABOR</b>                          | Amargo agradable                      | Amargo                    | Muy amargo                     |

En esta tabla se puede establecer las características óptimas que tendrá el grano después del secado sea natural o artificial

### **3.11 MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA SECADORA**

Algunos materiales que se usarán para la construcción de la máquina secadora se mencionarán a continuación:

#### **3.11.1 Partes eléctricas**

#### **3.11.2 Motor monofásico**

Los reductores mecánicos y motorreductores son componentes fundamentales en una amplia gama de maquinaria, desde dispositivos de precisión como relojes hasta equipos industriales de gran escala. Su capacidad para modificar la velocidad y el torque de un sistema de transmisión los ha convertido en elementos indispensables en aplicaciones tan diversas como la automoción,

la industria cementera y la minería. A lo largo de la historia, su diseño ha evolucionado, pero su principio básico de funcionamiento, basado en engranajes, se mantiene inalterable.



Figura 12. Motor monofásico [29] .

El motorreductor mecánico permite combinar las velocidades de una máquina y cambiarlas hasta lograr un ritmo óptimo; son empleados en la industria por su precisión y eficiencia. Son utilizados en la industria de la alimentación en máquinas de embotellamiento, envasadoras, y clasificadoras. Además de usarse en la industria automotriz con grandes ventajas, como se observa en la Tabla 11 [30].

Tabla 11. Ventajas de motorreductores [30]

| <b>VENTAJAS</b>                           | <b>OPERATIVIDAD</b>                 | <b>USABILIDAD</b>                      |
|---|-------------------------------------|--|
| <b>Optimiza la potencia y velocidad</b>   | Permite la sincronización del motor | Equilibrar la máquina                  |
| <b>Da seguridad al usuario</b>            | Reduce la velocidad                 | Es ergonómico y no ocupa mucho espacio |
| <b>Reduce los costos de mantenimiento</b> | Reduce el tiempo de instalación     | Sus repuestos son accesibles           |

### 3.11.3 Partes y componente de un motor

Un motor eléctrico consta de tres partes principales: el estator, el rotor y la carcasa.

- El estator, la parte estacionaria, alberga los devanados trifásicos que generan un campo magnético rotatorio.

- El rotor, la parte móvil, compuesta por una jaula de ardilla de barras conductoras, interactúa con este campo magnético, produciendo un torque que impulsa el eje del motor.
- La carcasa proporciona soporte mecánico y protección a los componentes internos.
- El principio de funcionamiento se basa en la inducción electromagnética, donde las corrientes inducidas en el rotor generan fuerzas que lo hacen girar.

#### **3.11.4 Funcionamiento del motor**

El estator, que actúa como inductor, alberga los devanados trifásicos. Al suministrar corriente alterna trifásica a estos devanados, se genera un campo magnético rotatorio. Este campo induce corrientes parásitas en las barras del rotor, creando un campo magnético secundario que interactúa con el primero, produciendo el torque necesario para el movimiento rotatorio. El principio de funcionamiento se basa en la ley de inducción electromagnética de Faraday.

#### **3.11.5 Sopladores de aire o blower**

Un blower es un dispositivo mecánico utilizado para mover un volumen de aire u otro gas. La función principal de un blower es incrementar la presión de un fluido (generalmente aire) para transportarlo a través de un sistema. Esto se logra mediante la conversión de energía mecánica en energía cinética del fluido.



Figura 13. Blower [31]

### 3.11.6 Resistencias eléctricas

Las resistencias industriales son componentes eléctricos diseñados para convertir la energía eléctrica en calor. Su principal función es proporcionar calor en procesos industriales, como calentamiento de fluidos, secado, termo conformado y calentamiento de equipos. Existen diversos tipos de resistencias, fabricadas con diferentes materiales y diseñadas para satisfacer requisitos específicos de temperatura, potencia y ambiente. Los termistores, un tipo especial de resistencia, son ampliamente utilizados en aplicaciones de control de temperatura debido a su alta sensibilidad a los cambios de temperatura.

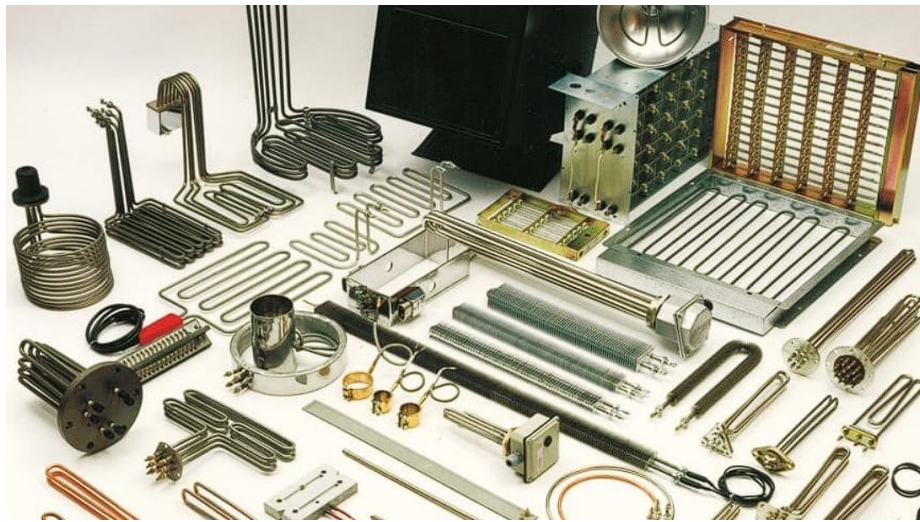


Figura 14. Resistencias Eléctricas Industriales. [32]

### 3.11.7 Sensor de Temperatura

Los sensores de temperatura son dispositivos que convierten variaciones térmicas en señales eléctricas medibles. Se clasifican en función de su principio de funcionamiento:

- RDT (Resistencias de Detección de Temperatura): Utilizan materiales como platino, silicio o cerámica, ofreciendo alta precisión y estabilidad.
- Termocuplas: Generan una tensión eléctrica proporcional a la diferencia de temperatura entre sus uniones.
- Sensores de temperatura basados en semiconductores: Aprovechan la variación de las propiedades eléctricas de los semiconductores con la temperatura.
- Sensores de temperatura infrarrojos: Miden la radiación infrarroja emitida por un objeto para determinar su temperatura.

- Bimetálicos: Funcionan mecánicamente, deformándose con los cambios de temperatura y accionando un contacto eléctrico.
- Sensores ferromagnéticos: Utilizan la variación de las propiedades magnéticas de ciertos materiales con la temperatura para activar un interruptor.

La elección del sensor adecuado depende de la aplicación, el rango de temperatura, la precisión requerida y otros factores como el costo y el tamaño.



Figura 15. Termocupla tipo K. [32]

### 3.11.8 Arduino

Arduino es una plataforma de código abierto conformado por hardware y software de fácil utilizar es un sistema de plataforma libre, esta se utiliza como medio de control para desarrollo con microcontroladores de bajo costo, es factible para usarse en distintas formas y aplicaciones, en este caso en las de función procesamiento de señales.

Arduino son capaces de leer los insumos - la luz en un sensor, un dedo en un botón, o un mensaje de Twitter - y lo convierten en una salida - la activación de un motor, encender un LED, publicar algo en línea, se puede decirle a su tablero qué hacer mediante el envío de un conjunto de instrucciones para el microcontrolador en el tablero. Para ello se utiliza el lenguaje de programación de Arduino (basado en Wiring), y el software de Arduino (IDE) [33] .

Arduino se convierte en una herramienta para realizar prototipos fáciles de programación gracias al código abierto que estas placas poseen, porque se pueden adaptar a las necesidades

particulares de cada proyecto. En el caso de la investigación, esta permite ejecutar la programación.

### 3.11.9 ESP32.

Son microcontroladores analógicos que incluyen dentro de su arquitectura Wifi, Bluetooth y otras características. Posee un diagrama de bloques; se puede apreciar un microprocesador de 32-bits, son módulos de bajo costo y bajo consumo de energía creado por Espressif Systems [34]. Este cumple las mismas funciones que un Plc y también es lo suficientemente robusto para estas aplicaciones industriales.



Figura 16. ESP32 [35]

### 3.11.10 Placa de desarrollo

Es una placa de baquelita de fibra de carbono a doble lado metalizada, esto quiere decir que tanto en la parte de inferior como superior tiene sus conexiones para que sea más pequeña y optimicemos el funcionamiento del ESP32.

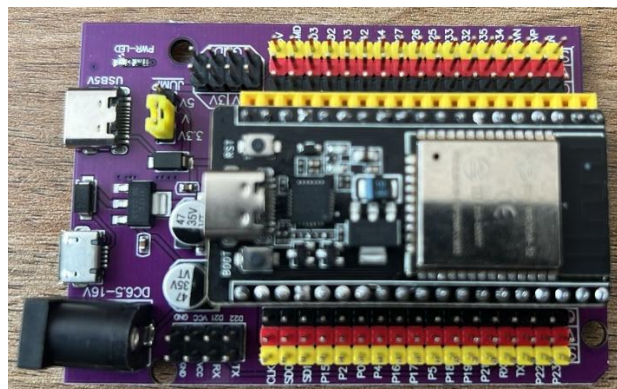


Figura 17. Placa de Desarrollo. [23]

### 3.11.11 Módulos Relé

Un módulo relé es un dispositivo electrónico que actúa como un interruptor controlado. Se utiliza para conectar o desconectar circuitos eléctricos, permitiendo que una señal eléctrica de bajo voltaje y corriente controle una carga de mayor voltaje y corriente. En esencia, es un amplificador de potencia que permite que un circuito de bajo nivel active o desactive un circuito de alto nivel.

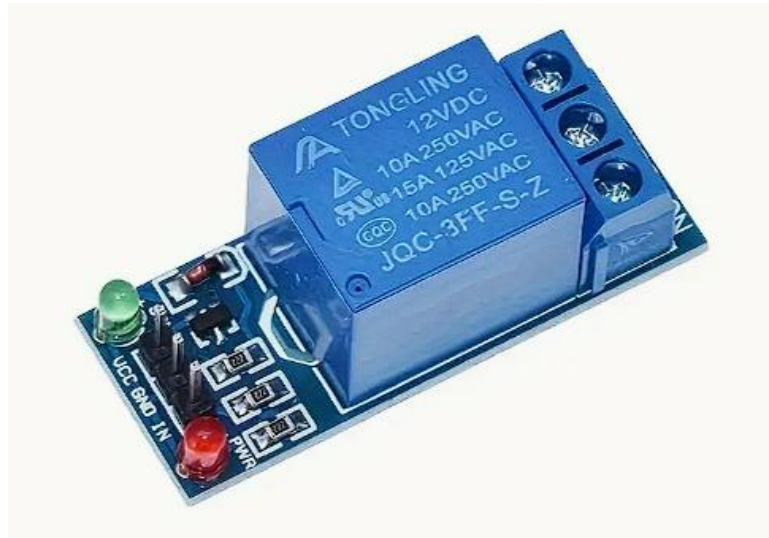


Figura 18. Módulos Relé. [36]

### 3.11.12 Sensor de Humedad y Temperatura

Es un dispositivo electrónico diseñado para medir de manera precisa y continua dos de los parámetros ambientales más importantes: la humedad relativa del aire y la temperatura. Estos sensores son fundamentales en una amplia variedad de aplicaciones, desde el control de procesos industriales hasta la meteorología y el confort en hogares y edificios.

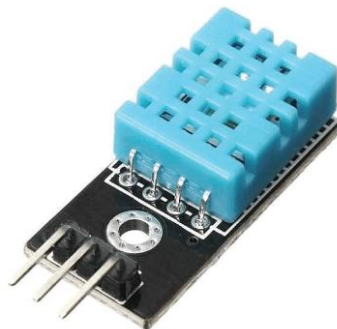


Figura 19. Sensor de Humedad – Temperatura. [36]

### 3.11.13 Impresión en 3D

Es una tecnología de fabricación aditiva que crea objetos tridimensionales a partir de un modelo digital. Este proceso consiste en depositar sucesivas capas de material, ya sea líquido, sólido o en polvo, siguiendo las especificaciones del modelo. A diferencia de los métodos de fabricación tradicionales (sustractivos), la impresión 3D construye el objeto de abajo hacia arriba, capa por capa.

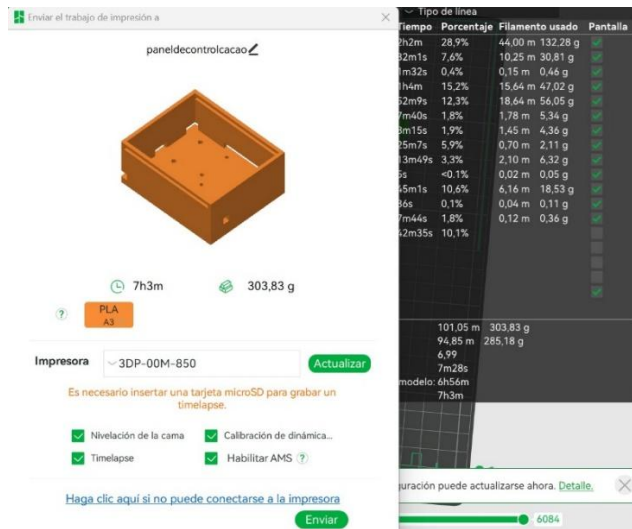


Figura 20. Impresión 3D [23]

### 3.11.14 Tubo de acero cuadrado estructural de 30x30x2.5

Tubo de acero estructural con forma cuadrada, norma de fabricación NTE INEN 2415; Calidad SAE J 403 1008; Los Tubos estructurales se usan en montaje de estructuras pesadas como galpones, techos y cerramientos, herrería, columnas, también carrocerías metálicas.



Figura 21. Tubo de acero cuadrado. [37]

### 3.11.15 Cilindro perforado de acero inoxidable 304

Cilindro de acero inoxidable, norma de fabricación NTE INEN 115, AISI 304: Buena resistencia a la corrosión del agua, ácidos y soluciones salinas si se emplea con una superficie pulida tipo espejo apto para el proceso de alimento.



Figura 22. Cilindro perforado de acero inox. [23]

### 3.11.16 Plancha perforada de acero negro

La plancha perforada es una lámina metálica en la que se han realizado diversas perforaciones. Estas perforaciones le confieren propiedades únicas que la hacen ideal para aplicaciones de ventilación disipando el calor al permitir el paso del aire, las planchas perforadas ayudan a disipar el calor generado por equipos en este caso en la ubicación del motor como se observa en la ilustración 2-18.

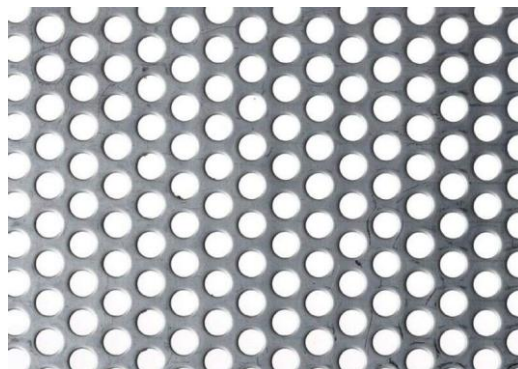


Figura 23. Plancha perforada [37]



Figura 24. <sup>1</sup>Plancha perforada [23]

### 3.11.17 Chumaceras de piso

Una chumacera de piso, también conocida como rodamiento de piso o soporte de eje, es un componente mecánico diseñado para soportar y guiar un eje rotativo en una máquina. Su función principal es reducir la fricción entre el eje y la superficie de soporte, permitiendo un movimiento suave y eficiente. [38]

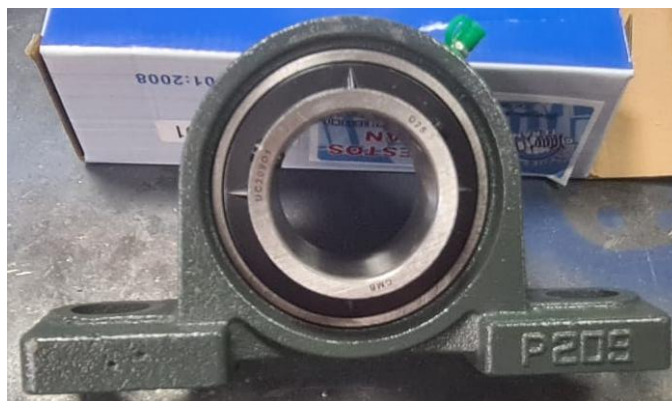


Figura 25. Chumacera de piso. [23]

---

<sup>1</sup> Representación del proceso de construcción y ubicación de la plancha perforada en la parte posterior del motor para permitir la correcta disipación de calor generada por el mismo.

## **4.- MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS**

### **4.1 METODOLOGÍA**

En este apartado se detallan los procesos adecuados para cumplir con los objetivos planteados. Para esto es necesario definir las necesidades y requerimientos que el beneficiario necesita cubrir para el correcto secado de cacao. En este apartado se emplea para colocar las técnicas y los instrumentos para la construcción de una máquina de secado de granos de cacao.

#### **4.1.1 Tipos de investigación**

##### **4.1.1.1 Investigación bibliográfica**

La investigación bibliográfica se basa en el análisis de la literatura que permita la construcción de la máquina de secado de cacao, estos artículos científicos, libros de especialidad mantienen al investigador con datos científicos de las dos variables de la investigación, tanto del manejo y secado de la almendra de cacao; como de la metodología a usarse en el diseño del prototipo.

##### **4.1.1.2 Investigación de campo**

El investigador se ha contactado con el usuario para establecer las necesidades básicas que debe de satisfacer el prototipo, además de constatar la situación actual del secado de cacao y el proceso que este maneja. Esto permite recolectar fotografías, observar la problemática de primera mano.

#### **4.1.2 Técnicas de investigación**

##### **4.1.2.1 La observación directa**

Por medio de la observación directa se establece el proceso de fermentación actual de cacao y se establece como punto de partida la etapa de secado para su posterior almacenamiento.

##### **4.1.2.2 Registros fotográficos**

Los registros fotográficos se emplean para evidenciar la construcción del prototipo, su ejecución y aplicación, además de usar otro recurso visual como lo es el video.

## 4.2 MÉTODO DE DISEÑO DE MÁQUINAS

### 4.2.1 Flujo de trabajo

Para establecer el flujo de trabajo es necesario especificar las funciones que debe tener la máquina, para esto se especifica los siguientes criterios y alternativas de soluciones.

Tabla 12: Flujo de Trabajo

| CRITERIO                   | ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN  |
|----------------------------|--|
| <b>Materiales y Costos</b> | Usar materiales de calidad a bajos costos  |
| <b>Secado homogéneo</b>    | Se debe obtener un secado de los granos adecuado que este llegue a todos los granos y permita secarse por medio de aire caliente, de preferencia por rotación del grano.             |
| <b>Fácil de Operar</b>     | Debe de facilitar la operación del trabajo del operario y reducir los gastos de secado. Debe ser seguro para el usuario, no debe de presentarse problemáticas de futuros accidentes. |
| <b>Ergonomía</b>           | No debe de lastimar al operario, no debe el operario pasar demasiado tiempo supervisando la maquinaria.  |

### 4.2.2 Necesidades del usuario en torno a la máquina

Las necesidades del usuario permiten reconocer los requerimientos que esta debe de tener en cuenta en este caso el ingeniero para técnicamente solucionarlos.

- Fácil operación
- Fácil mantenimiento
- Capacidad de secado
- Rapidez del secado
- Costo accesible
- Operación inalámbrica
- Regulación de temperatura
- Calidad de secado del grano

- Nivel del ruido
- Ergonomía

#### 4.2.3 Planimetría y diseño a detalle

Mediante herramientas de diseño de modelado geométrico, tanto de planos como de diseño 3D se plantea la construcción de piezas. Cada pieza se detalla en el plano y permite al ingeniero realizar la construcción de este al identificar cada componente.

La planimetría se realizó por medio del programa Auto Cad para construir distintos planos de vistas de la máquina, estos se encuentran en anexos, como se puede ver en el Anexo 1. Planimetría.

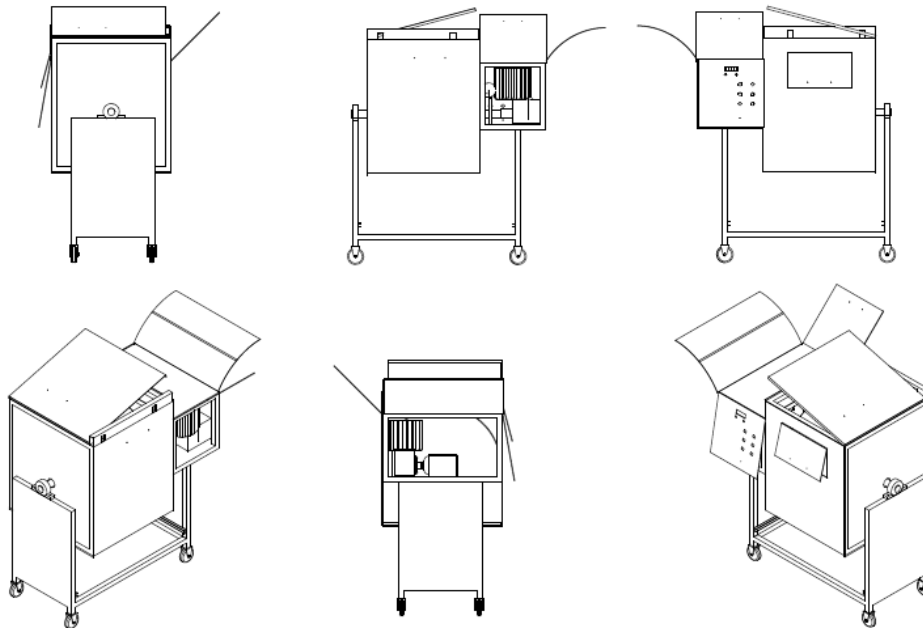


Figura 26: Vista de la propuesta de la máquina

#### 4.2.4 Diagrama de flujo en función del cacao

Para la construcción de este diagrama se establecerán diferentes módulos presentados en un diagrama de flujo:

- **Módulo 1:** Se establece el ingreso de la materia prima, en esta etapa se alimenta el cilindro con las almendras de cacao. La alimentación se realiza de forma manual. En

esta etapa se establece la capacidad máxima de carga en 30 kg o 3 quintales a la semana, esto se adapta a la ergonomía del usuario, para que no transporte producto en exceso.

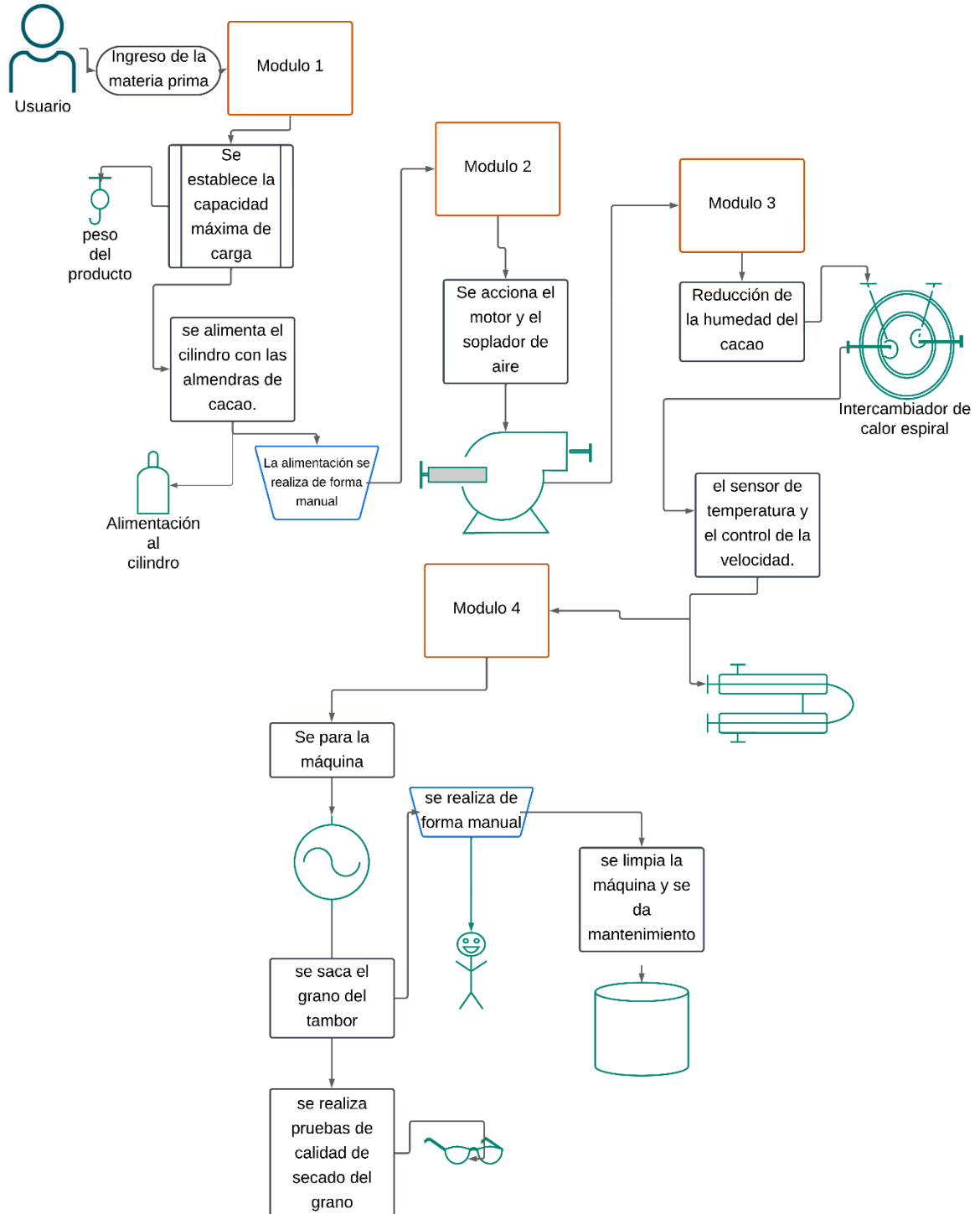


Figura 27. Módulos de Flujo de trabajo

- **Módulo 2:** Puesta en marcha de la máquina, en esta se acciona el motor, así como el soplador de aire, el sensor de temperatura y el control de la velocidad. Para la construcción de este módulo, es necesario tener establecido el control energético de la máquina y la construcción de su placa.
- **Módulo 3:** En este módulo se da la pérdida de la humedad. La constancia de la temperatura debe ser la óptima, en este módulo se debe reducir la humedad de cacao.
- **Modulo 4:** En este módulo se vacía el cacao, se da limpieza a la máquina y su mantenimiento; se realizan pruebas de secado y se coloca en sacos de yute para su almacenamiento.

#### 4.2.5 Situación actual y problemáticas

En este apartado se detalla los procesos actuales de secado de cacao, y las condiciones que la empresa posee.

##### 4.2.5.1 Proceso de secado artesanal del beneficiario

- **Secado en vía pública y aceras o veredas**

En la actualidad, el proceso de secado se realiza incumpliendo las normas de calidad. Pues se realiza en las aceras de paso peatonal, en el cual se expone a la alta contaminación cruzada, se absorbe los olores de los combustibles de las automóviles, y como se menciona en la fundamentación teórica los granos que absorben cualquier tipo de olor contaminante no son aprobados para exportación y no pasan procesos de calidad o certificación.



Figura 28. Secado de grano en aceras



Figura 29. Secado de grano en la vía publica

Al observar la forma de secado del grano se aprecia que el revolvimiento del cacao para su secado se realiza sin normas de sanidad, como se hace en un lugar de circulación vehicular no se puede evitar el contacto con hongos, moho, desechos de llantas quemadas, entre otros factores que alteran el sabor.

- **Secado en pista de concreto en finca a nivel de piso**

Este es otra forma en la que se seca el cacao por parte de los beneficiarios, lo hacen en el piso de la finca, sin embargo, no colocan tendales, o hacen caminos para no pisar el grano. Por lo que se contamina y se rompen granos, desperdiciando el producto.



Figura 30. Secado de grano en piso

- **Secado en concreto alisado en una terraza de domicilio**

En el domicilio se coloca los granos en la terraza, en esta se contagia de polvo, y no se controla correctamente la exposición al sol, al no usar plástico para cubrir el grano se vuelve a humedecer.



Figura 31. Secado de grano en terraza

- **Secado artificial con secadora de combustión de GLP**

Se identificó falencias en el revolvimiento de cacao para un su secado homogéneo pues se lo realiza manualmente con medidas de seguridad escasa. No se usan trajes de protección como uso de mascarillas, guantes, se pisa el grano con zapatos inadecuados.



Figura 32. Secado de combustión de GLP

El revolvimiento de la almendra se debe hacer con palas de madera, para evitar contaminantes como los que se produce por la acides al hierro, esto afecta la fermentación del grano.





## 5.- ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 5.1 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA Y SISTEMA DE SECADO

#### 5.1.1 Materiales principales

Los materiales usados son: un cilindro perforado, una resistencia, el blower de aire, bisagras y el motor. Estos elementos se detallan en la siguiente tabla. Tabla 13. Materiales.

Tabla 13. Materiales

| PARTES  | CONCEPTO  | IMAGEN  |
|---|---|---|
| <b>Cilindro perforado con agujeros</b>                    | <p>El cilindro es perforado de acero inoxidable para permitir el ingreso de aire, con la finalidad de no cocinar el grano, sino secarlo</p>                                     |   |
| <b>Resistencia eléctrica de 110V de temp máx de 300°C</b> | <p>La resistencia provee de calor a la máquina, es necesario mostrar la temperatura para que el agricultor la maneje a conveniencia del secado.</p>                             |  |
| <b>Blower de 110V 2"</b>                                  | <p>Permite ventilar el aire caliente controlándolo y circulando el aire frío para un manejo óptimo de la temperatura. Permite que la presión aumente y los granos circulen.</p> |  |
| <b>Bisagras</b>   | <p>Permiten construir las tapas de la máquina y unir piezas, para que se abran y cierren las compuertas</p>   |  |

### 5.1.2 Construcción de la máquina y su estructura

La estructura de la máquina se realizó con tubo de acero estructural con forma cuadrada, norma de fabricación NTE INEN 2415; estos tubos se usaron para el contorno de la máquina es decir su armazón. Esto se detalla a continuación en la siguiente Tabla 14.

Tabla 14. Construcción de la estructura

| PASOS  | IMÁGENES  |
|--|---|
| <p>Soldadura de la estructura metálica y del motor. En esta imagen se aprecia como el investigador realiza la unión de los tubos para realizar el marco. La soldadura es económica y fácil de ejecutar, el proceso es discontinuo y se puede realizar en fases o por piezas. La calidad de soldadura depende del soldador.</p> |    |
| <p>Vista superior del armazón de la máquina, donde se aprecia el marco de la máquina realizado con tubos de acero cuadrados.</p>   |  |
| <p>Montaje y centrado de motor con el cilindro perforado, en esta se puede apreciar la abertura por donde será el ingreso y salida del grano de cacao.</p>   |  |
| <p>Colocación de tapa del cilindro en acero 304, para que cuando gire el grano no se escape de la máquina.</p>   |  |

Luego de establecer el marco y el tubo para secado se procede a sellar con planchas de acero.

### 5.1.3 Colocación de placas de acero

Tabla 15. Colocación de Planchas de acero

| Recubrimiento de la máquina  | IMAGEN   |
|--|--|
| Vista lateral de armazón de máquina sin placas, donde la estructura está expuesta, por lo que las planchas cubren la estructura y se obtiene mejor cubrimiento de calor para el cacao. |    |
| Sellado de laterales con plancha de acero inoxidable de 304 para la contención de calor  |   |
| Vista superior del sellado   |  |
| Compuerta para realizar una inspección del secado  |  |
| Colocación de la tapa donde se ubica en el motor, blower y la caja de control, con plancha perforada para la ventilación de estas  |  |

En este punto la máquina se encuentra cubierta de acero, contiene una compuerta de inspección del secado de grano, el blower y el motor se encuentran cubiertos y se realizó una compuerta de sellado de la entrada de cacao.

### 5.1.4 Pruebas iniciales de carga con cacao

Las pruebas se realizaron con una capacidad máxima de 30 kg de carga y un 50% capacidad del cilindro, como se observa en Tabla 16.

Tabla 16. Tabla de prueba de carga

| PRUEBAS DE CARGA   | IMAGEN  |
|--|---|
| Colocación del grano de caco por parte de los investigadores.                  |  A photograph showing two people in a laboratory or industrial setting. One person is wearing a cap and is actively pouring cacao beans into a large, perforated metal cylindrical container. Another person is visible in the background, also working with the equipment. |
| Se coloca el grano en el cilindro y se procede a medir su capacidad.           |  A close-up photograph of the large, perforated metal cylindrical container. It is filled with a layer of cacao beans, demonstrating the capacity being tested.  |
| Se mide con una cinta métrica el sobrante de espacio con una capacidad de 50 % |  A photograph showing the interior of the cylindrical container. The bottom is filled with cacao beans. A yellow measuring tape is held vertically against the side of the container to measure the height of the remaining empty space above the beans.                  |

### 5.1.5 Pintura del prototipo

El prototipo de pinto con pintura negra no toxica y se colocó un anticorrosivo, para dar uniformidad al prototipo y protegerla de la humedad y de la corrosividad, como se puede apreciar en la Tabla 17.

Tabla 17 Pintura del prototipo

| <b>VISTA DEL PROTOTIPO</b>   | <b>IMAGEN</b>  |
|--|--|
| Prototipo de Máquina de cacao pintado de negro, vista desde el frente. |   |
| Vista lateral derecha e izquierda                                      |  |
| Vista superior   |  |

## 5.2 PRUEBAS DE SECADO DE CACAO

### 5.2.1 Primera prueba de secado

Las pruebas iniciales se observan en la Tabla 18 donde se realizó el secado de cacao en la cual los agujeros del cilindro se taparon lo que ocasionó que se cocine al grano de cacao y no secarlo, el motor falla, esto debido a que la grasa entro dentro del motor, esta se diluyo y ocasionó un cortocircuito al bobinado.

Tabla 18 Secado de cacao primer intento

| ETAPAS DE LA 1 A LA 3   | ETAPAS DE LA 4 A LA 6   |
|---|---|
|   |    |
| 1.-Se abre la máquina lo que permite poner el grano en el tambor                    | 4.- El grano entra en la máquina  |
|  |   |
| 2.- El grano se coloca pesado en la máquina   | 5.- Al girar el grano tapa los orificios del cilindro perforado. Observación de taponamiento de agujeros causado por la baba de cacao |
|  |   |
| 3.- Por medio de técnicas manuales se coloca el grano                               | 6.- El motor se funde   |

Por lo que se debe modificar los agujeros e instalar un nuevo motor.

### 5.2.2 Pre-montaje del nuevo motor

Se colocó un motor monofásico ¼ hp 110v de 1660 rpm, con protección IP44 IP/IN 2.0 para verificar su funcionalidad y hacer los ajustes necesarios, como se observa en la Figura 33.




Figura 33. Colocación de nuevo motor



Figura 34. Cambios adicionales para la ubicación del nuevo motor

Se debieron realizar nuevas entradas para la colocación y adaptación del motor, esto se observa en la Figura 34. Además se ajusta y se fija el motor y se establece su temperatura, como se puede detallar en la siguiente Tabla 19.

Tabla 19: Componentes y colocación de motor

| REFERENCIAS   | IMÁGENES   |
|---|--|
| Placa base para motor y varios componentes y Motor centrado y listo para fijación                       |    |
| Apertura de agujeros intercalados con dos medidas de diámetro para que no ocurra taponamiento de estos. |    |
| Medición de temperatura de motor  |  |

Centrado para realizar perforaciones para la instalación de botoneras y pantalla LCD donde se indicará la temperatura, esto se puede apreciar en la Figura 35.



Figura 35: Conexión y cables de la resistencia eléctrica

En la Figura 35 se observa la colocación protectora de la conexión y cables de la resistencia eléctrica (niquelina) hacia la parte de control.

### 5.2.2.1 Inicio de recubrimiento térmico

Permite mantener el calor en la maquina y protege al usuario, este proceso se realiza con lana de vidrio y se detalla en la Tabla 20

Tabla 20: Recubrimiento térmico

**RECUBRIMIENTO TÉRMICO**

Para el recubrimiento térmico se utilizó con lana de vidrio a los 4 lados del secador



Este recubrimiento permite mejorar la resistencia eléctrica y evitar la fuga de calor y riesgo de quemadura hacia el personal.



Finalizado de recubrimiento termino e inicio de nuevo recubrimiento de capa externa para cubrir la lana de vidrio con acero inox 304 0.7mm



### 5.2.2.2 Pruebas termográficas

Se realizó con una cámara termográfica SATIR i-384 para determinar fugas de calor, el comportamiento y distribución del calor dentro de la secadora, como se observa en la Tabla 21.

Tabla 21: Pruebas térmicos

PRUEBAS TÉRMICAS

En la primera sección de fotografías observamos que la máquina se encuentra a una temperatura ambiente entre 14.8°C y 20.5°C.



En las fotos termográfica observamos como aumenta la temperatura de la resistencia eléctrica



Internamente va en aumento con una temperatura de 55.3 °C y al tiempo que se toma lectura del de la parte externa aumenta de 63°C



El contenedor se calentó progresivamente, vemos que el calor no se fuga y se distribuye hacia la parte externa. Esto puede hacer daño a los usuarios, por eso es muy útil el recubrimiento térmico y debe estar bien instalado.

### 5.2.2.3 Inicio de conexión de cables y la parte de control

En esta sección se coloca información con respecto a la colocación de botoneras, pantalla LCD, botón de paro de emergencia e interconectados al microcontrolador ESP32. Se llevan a cabo pruebas de funcionamiento, como se detalla en la Tabla 22.

Tabla 22: Conexión de cables y la parte de control

CONEXIÓN DE CABLES Y LA PARTE DE CONTROL

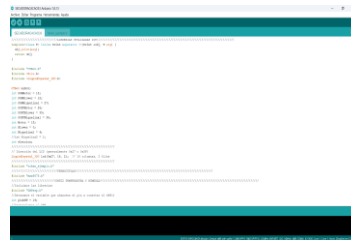
En esta etapa se procede a realizar la conectividad de los circuitos eléctricos.



Se realiza la programación del microcontrolador y de la aplicación móvil



En la programación al comienzo observamos fallas lógicas de conexión. Luego en el aplicativo de telegram disponemos el menú de opciones de operación de la máquina



Control automático y manual, donde el automático enciende toda la máquina y en el control manual podemos ir activando el sistema por partes.



La conectividad de la máquina se ejecuta por medio de un aplicativo móvil usando Telegram este puede ser un control automático y manual.






- **Control automático:** Este enciende toda la máquina y funciona en conjunto con las termocuplas y el sensor de humedad, este a su vez cuando llega a un porcentaje de humedad de ambiente dentro del secador al 5 % de humedad manda, la orden puede apagar todo el sistema y enviar un mensaje “ Proceso de secado completo, puede retirar su Cacao”.

- **Control manual:** Se puede ir activando el sistema por partes primero el motor, luego el blower o la resistencia eléctrica puede ser en distinto orden. Así mismo se puede ordenar que nos envíe en que temperatura se encuentra la máquina ya sea de las termocuplas o del sensor de temperatura de humedad, también tenemos a disposición de la pantalla LCD que nos indica la temperatura.

### 5.2.3 Equipos usados para pruebas

Son equipos empleados en el secado de cacao, control térmico y peso del cacao. Como se detalla en la Tabla 23.

Tabla 23: Equipos para pruebas

| EQUIPOS   | DESCRIPCIÓN   |
|---|---|
|   | <p>Balanza electrónica CAMRY EK5055 que permite pesar el grano y tener una mejor lectura.</p> |
|  | <p>Medidor de humedad de granos AMTAST 155</p>  |
|  | <p>Cámara termográfica SATIR i-384</p>  |
|  | <p>Pinza amperimétrica la cual usamos para medir el consumo de la máquina.</p>                |
|  | <p>Calibradores</p>   |

## 5.2.4 Segunda prueba de secado de cacao

Luego de realizar el segundo cambio de la máquina, se puede secar el cacao y los resultados se detallan en la Tabla 24.

Tabla 24: Segunda prueba

CONEXIÓN DE CABLES Y LA PARTE DE CONTROL

Introducimos el cacao con una humedad de 14.8% donde lo realizamos en el medidor de humedad de granos AMTAST



A su vez se determinó el peso de los granos para luego realizar la prueba de corte para determinar el estado de grano. En esta prueba inició con 14,8% y terminó con 7,4%



A las 3 horas de secado hacemos una revisión del estado del grano, se realiza otra prueba de humedad y se observa que ha disminuido considerablemente la humedad.



5 horas después del funcionamiento de la máquina se realiza otra prueba de humedad la reducción es del 7.4%




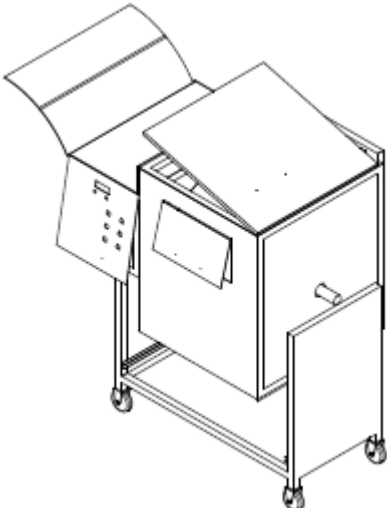
8 horas de secado observamos el secado total del cacao con un porcentaje del 5.9% relacionándonos a la tabla del cacao seco observamos está muy seco. Se considera que entre las 6 y 7 horas de secado está listo y en el porcentaje adecuado



### 5.3 CARACTERÍSTICAS FINALES DE LA MÁQUINA

La siguiente Tabla 25 se detalla los elementos básicos de la tabla y la información de su funcionamiento.

Tabla 25: Características finales de la máquina

| MÁQUINA  | MODELADO  |
|--|---|
|  |  |
| <b>Descripción</b>   | Motor   |
|  | Voltaje   |
|  | <b>Parámetros</b>   |
| • <b>Capacidad de secado</b>   | 30 kg   |
| • <b>Peso sin grano</b>  | 110kg   |
| • <b>Tiempo de secado</b>  | De 6 a 7 horas alcanza un secado óptimo de 7%                                       |
| • <b>Temperatura de secado</b>   | De 150 a 250 grados   |
| • <b>Velocidad de trabajo</b>  | De un máximo de 7 horas   |
| • <b>Material de contenedor</b>  | Acero inoxidable 304  |
| • <b>Tablero de control</b>  | 7 pulsadores, 3 de encendido, 3 de apagado, 1 paro de emergencia                    |
| • <b>Ventilador</b>  | Blower centrifugo   |

### 5.3.1 Instrucciones de uso de la máquina.

El uso de la máquina debe realizarse con equipo de protección y mantener las debidas precauciones, para esto se debe seguir las siguientes pautas:

- Abrir la máquina y colocar el grano sin baba
- Esparcir por el contenedor
- Presionar el botón de encendido, regulando la temperatura
- Medir la humedad
- Presionar el botón de apagado.
- Esperar que la máquina se detenga y retirar los granos.
- Pesar el grano secado y revisarlo.

Como anexo se establece el manual de control de la maquina en el Anexo 2.Manual de uso.

## 5.4 REQUERIMIENTOS DEL MOTOR

### 5.4.1 Datos del sistema para cálculo de requerimiento de motor.

Peso a mover (masa,  $m$ ) = 30 kg

Radio del tambor ( $r$ ) = 21.5 cm = 0.215 m

Velocidad de salida de caja reductora: 1 vuelta cada 45 seg

Aceleración angular ( $\alpha$ ) = El sistema para desde el reposo y alcanza una velocidad final de 5 seg (Tiempo de aceleración razonable para la secadora)

### 5.4.2 Cálculo de Velocidad Angular de salida ( $\omega_{salida}$ )

La caja reductora reduce la velocidad a 1 vuelta cada 45 segundos. Convertimos radianes por segundo ( $\frac{rad}{s}$ )

$$\omega_{salida} = \frac{2\pi}{T}$$

Donde:

$T = 45$  segundos (periodo de una vuelta)

$$\omega_{salida} = \frac{2\pi}{45} = 0.1396 \text{ rad/s}$$

### 5.4.3 Cálculo de Torque Requerido ( $\tau$ )

El torque requerido para mover el tambor con más de **30kg** y un radio de **0.215 m**.

Calculamos considerando la fuerza necesaria para vencer la inercia y la aceleración angular.

#### Momento de Inercia (I)

El momento de inercia para un cilindro (tambor) es:

$$I = \frac{1}{2}mr^2$$

$$r = 0.215m$$

$$m = 30kg$$

Sustituyendo:

$$I = \frac{1}{2} \times 30 \times (0.215)^2 = 0.693$$

#### Aceleración Angular ( $\alpha$ )

Tiempo de aceleración que el sistema alcanza una velocidad final en 5 segundos:

$$\alpha = \frac{\omega_{salida}}{t} = \frac{0.1396}{5} = 0.0279 \text{ rad/s}^2$$

#### Torque de Aceleración:

$$\tau_a = 0.693 \times 0.0279 = 0.0193$$

#### Torque Requerido ( $\tau$ )

El torque es necesario acelerar nuestro tambor. También debemos considerar el torque necesario para vencer la fricción y carga estática. Para ello suponemos un torque adicional de  $2 \text{ N.m}$  para cubrir algunas pérdidas.

$$\tau = 0.0193 + 2 = 2.0193$$

#### 5.4.4 Cálculo de la Potencia Requerida ( $P$ )

La potencia se calcula como:

$$P = \tau \times \omega$$

Donde:

$$\tau = 2.0193$$

$$\omega = 0.1396 \text{ rad/s}$$

$$P = 2.0193 \times 0.1396 = 0.282W$$

Este valor es considerablemente muy bajo, lo que sugiere que el uso de un motor no mas a 2000 rpm ya que sería más que suficiente para esta aplicación, incluso considerando pérdidas por fricción y eficiencia de la caja reductora.

Por ello el motor elegido para esta aplicación es un motor de 1660 RPM, Cv  $\frac{1}{4}$  , con alimentación de 110v con un consumo de arranque de 3.5<sup>a</sup>.

#### 5.4.5 Relación de reducción de la Caja Reductora.

La velocidad del motor es 1660RPM y lo convertimos a  $rad/s$  para poder trabajar con unidades consistentes.

La fórmula para convertir RPM a  $rad/s$  es:

$$\omega_{motor} = \frac{RPM \times 2\pi}{60}$$

Donde:

$$rpm = 1660 \text{ (velocidad de motor)}$$

$2\pi = \text{factor de conversión de revoluciones a radianes (1 rev} = 2\pi \text{ rad)}$

$60 = \text{factor de conversión de minutos a segundos}$

Sustituyendo los factores:

$$\omega_{salida} = \frac{1660 \times 2\pi}{60} = 173.98 \text{ rad/s}$$

Convertimos la velocidad de salida a radianes por segundo  $\text{rad/s}$

La velocidad de salida del tambor es 1 vuelta cada 45seg.

La fórmula para calcular la velocidad angular es:

$$\alpha_{salida} = \frac{2\pi}{T}$$

Donde:

$T = 45 \text{ seg}$  (periodo de una vuelta)

$2\pi$  es el factor de conversión de revoluciones a rad

Sustituyendo los valores:

$$\alpha_{salida} = \frac{2\pi}{45} = 0.1396 \text{ rad/s}$$

Para calcular la relación de reducción ( $i$ )

Este se define como la relación entre la velocidad angular de entrada del motor y la velocidad angular de salida del tambor.

$$i = \frac{\omega_{motor}}{\omega_{salida}}$$

Sustituyendo los valores:

$$i = \frac{173.98}{0.1396} = 1246.5$$

La relación de reducción de 1246.5 significa que por cada 1246.5 revoluciones del motor el tambor gira 1 vuelta.

Esto es necesario porque el motor gira muy rápido (1660rpm), pero el tambor debe girar muy lento.

#### **5.4.6 Cálculo de consumo de máquina:**

La potencia eléctrica se calcula con la fórmula:

$$P(kW) = \frac{V \times I \times FP}{1000}$$

$V = Voltaje (120 v)$

$I = Corriente 10A$

$FP = Factor de Potencia 1$

$$P = \frac{120v \times 10A \times 1}{1000} = 1.2kW$$

**Calcular el consumo en kWh:**

$$Consumo = P \times Tiempo$$

$$Consumo = 1.2 kW \times 8horas = 9.6 kWh$$

**Calcular el Costo de Consumo:**

Usamos el costo por kWh que es de 0.0805 UDS/kWh

$$Costo = 9.6 \times 0.0805 = 0.773 USD$$

El costo de operación de la máquina durante 8 horas es aproximadamente 0.77 dólares

#### **5.4.7 Cálculo de costo mensual:**

Consumo diario que la máquina consume es de 9.6 kWh por día. (Cuando se trabaja las 8 horas al día).

El consumo mensual si trabaja los 31 días del mes:

$$\text{consumo mensual} = 9.6 \times 31 = 297 \text{ kWh}$$

El costo mensual en los 31 días trabajados:

Costo de energía calculado 0.0805USD/kWh

$$\text{costo mensual} = 297.6 \times 0.0805 = 23.96 \text{ USD}$$

El costo mensual por operar la maquina 8 horas diarias durante 31 días es aproximadamente 23.96 dólares.

Si la maquina trabaja 24 días del mes descontando fines de semana y feriados el consumo sería el siguiente.

$$\text{consumo mensual} = 9.6 \times 24 = 230.4 \text{ kWh}$$

El costo mensual de 24 días trabajados:

$$\text{costo mensual} = 230.4 \times 0.0805 = 18.56 \text{ USD}$$

El costo mensual por operar la máquina 8 horas al día por los 24 días es aproximadamente 18.56 dólares.

## 5.5 COSTO Y PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO DE LA MAQUINA:

Las tablas Tabla 26, Tabla 27, Tabla 28, se analiza materiales, costo de mantenimiento.

Tabla 26: Materiales para el mantenimiento de la máquina

|  |                             |        |
|--|-----------------------------|--------|
| <b>Aceite</b>                                | para caja reductora         | \$20   |
| <b>Grasa</b>                                 | 1 bote cada 80 aplicaciones | \$2.50 |
| <b>Componentes eléctricos y electrónicos</b> | posibles reemplazos         | \$15   |

Tabla 27: Costo anual del mantenimiento de la máquina

|  |                           |      |
|--|---------------------------|------|
| <b>Aceite</b>                                | 4 cambios                 | \$80 |
| <b>Grasa</b>                                 | 1 bote cada 5 meses aprox | \$6  |
| <b>Componentes eléctricos y electrónicos</b> | 4 posibles cambios        | \$60 |

## Presupuesto anual:

Tabla 28: Presupuesto anual del mantenimiento de la máquina

| Producto                              | Costo unitario \$ | Frecuencia       | Costo anual \$ |
|---------------------------------------|-------------------|------------------|----------------|
| Aceite para caja reductora            | 20                | 4 veces al año   | 80             |
| Grasa                                 | 2.50              | 2.4 veces al año | 6              |
| Componentes eléctricos y electrónicos | 15                | 4 veces al año   | 60             |
| <b>Total</b>                          |                   |                  | <b>146 \$</b>  |

### 5.5.1 Presupuesto de la máquina

La máquina posee distintos elementos para su construcción, estos elementos se encuentran detallados en la siguiente Tabla 29, Tabla 30 Tabla 31.

Tabla 29: Presupuesto de la máquina (1)

|      | ELEMENTOS                            | P. UNIT | TOTAL | IVA     | TOTAL + IVA |
|------|--------------------------------------|---------|-------|---------|-------------|
| 1    | CHUMASERA                            | 22,61   | 22,61 | 3,3915  | 26,00       |
| 4    | TUBO CUADRADO ACERO                  | 6,5     | 26,00 | 3,9     | 29,90       |
| 2    | TORNILLO PUNTA DE BROCA 8/12         | 1,07    | 2,14  | 0,321   | 2,46        |
| 2    | PUNTA DE ESTRELLA STANLEY PH2-2"     | 0,535   | 1,07  | 0,1605  | 1,23        |
| 8    | BISAGRAS 3X3 CRT60-30                | 1,51    | 12,08 | 1,812   | 13,89       |
| 2    | DISCO REMOCION PINTURA NORTON        | 5,26    | 10,52 | 1,578   | 12,10       |
| 1    | RESPUESTO DE ESTILETE QSB            | 0,89    | 0,89  | 0,1335  | 1,02        |
| 1    | PINTURA SPRAY ALTA TEMPERATURA NEGRO | 5,38    | 5,38  | 0,807   | 6,19        |
| 1    | TAIPE AISLANTE N23 AUTOFUNDENTE 3M   | 17,3    | 17,30 | 2,595   | 19,90       |
| 2    | ELECTRODO AGA 6011 1/8" 1 KG         | 5,94    | 11,88 | 1,782   | 13,66       |
| 5    | TIRADERAS ACERO                      | 1,66    | 8,30  | 1,245   | 9,55        |
| 5    | DISCO ZIRCONIO LAMINADO 4 1/2" GR120 | 3,374   | 16,87 | 2,5305  | 19,40       |
| 1    | BROCA IRWIN ACERO 5/16"              | 3,6     | 3,60  | 0,54    | 4,14        |
| 4    | BROCA IRWIN ACERO 3/16"              | 1,73    | 6,92  | 1,038   | 7,96        |
| 2    | GUANTE DE CUERO FLEX                 | 1,73    | 3,46  | 0,519   | 3,98        |
| 1    | ESPUMA DE POLIURETANO 500ml          | 4,13    | 4,13  | 0,6195  | 4,75        |
| 0,66 | REMACHES 3/16X3/4                    | 2,62    | 1,73  | 0,25938 | 1,99        |
| 3    | FUNDA DE GUAUPE                      | 0,43    | 1,29  | 0,1935  | 1,48        |
| 2    | REGATON 1"                           | 0,13    | 0,26  | 0,039   | 0,30        |
| 1    | GAFA TRANSPARENTE PARA ESMERILAR     | 0,98    | 0,98  | 0,147   | 1,13        |

Tabla 30: Presupuesto de la máquina (2)

|   |  |       |       |        |       |
|---|--|-------|-------|--------|-------|
| 1 | EXTENSIÓN 2X16 3m                          | 2,74  | 2,74  | 0,411  | 3,15  |
| 2 | DISCO PLAT. PULID. METAL 115mm G80 BOSCH   | 2,939 | 5,88  | 0,8817 | 6,76  |
| 2 | PLANCHAS AC. INOX 4*8 430-N4 0,7mm         | 31,77 | 63,54 | 9,531  | 73,07 |
| 4 | DISCO DE CORTE SIEA (METAL 4 1/2x1/8x7/8)  | 2,32  | 9,28  | 1,392  | 10,67 |
| 2 | CABLE SUCRE ANDES 3x14 cm                  | 1,201 | 2,40  | 0,3603 | 2,76  |
| 1 | DISCO ZIRCONIO INOX DEWALT 4 1/2x7/8 G60   | 3,56  | 3,56  | 0,534  | 4,09  |
| 2 | ESTAÑO P/SOLDAR 1,5mm                      | 1,52  | 3,04  | 0,456  | 3,50  |
| 1 | CREMA P/SOLDAR ESTAÑO 2oz                  | 2,23  | 2,23  | 0,3345 | 2,56  |
| 1 | ROLLO DE LANA DE VIDRIO                    | 57    | 57,00 | 8,55   | 65,55 |
| 8 | CABLE SUCRE ANDES 2X16 m                   | 0,44  | 3,52  | 0,528  | 4,05  |
| 1 | DISCO DE CORTE SIEA (METAL 4 1/2x1/16x7/8) | 1,42  | 1,42  | 0,213  | 1,63  |
| 3 | TAIPE 3M NEGRO                             | 1,26  | 3,78  | 0,567  | 4,35  |
| 2 | BROCA IRWIN ACERO 5/32"                    | 1,56  | 3,12  | 0,468  | 3,59  |
| 1 | SPRAY WD-40 GRANDE                         | 7,82  | 7,82  | 1,173  | 8,99  |
| 1 | NIVEL PLASTICO 9" MAGNETICO RIEL ALUMIN    | 3,18  | 3,18  | 0,477  | 3,66  |
| 2 | ESCUADRA MAGNETICA PARA SOLDAR 3"          | 4,77  | 9,54  | 1,431  | 10,97 |
| 1 | BOTONERA 30 AMP ON/OFF                     | 3,82  | 3,82  | 0,573  | 4,39  |

La continuación del presupuesto se detalla a continuación:

Tabla 31: Presupuesto de la máquina (3)

|   | ELEMENTOS                               | P. UNIT | TOTAL         | IVA      | TOTAL + IVA |
|---|---|---------|---------------|----------|-------------|
| 1 | DISCO DE CORTE METAL DEWALT 7x1/16x7/8  | 1,44    | 1,44          | 0,216    | 1,66        |
| 3 | BLOQUE P/SELECTOR CAMSCO VERDE          | 0,7     | 2,10          | 0,315    | 2,42        |
| 3 | PULSADOR CAMSCO MONOBLOCK ROJO          | 1,64    | 4,92          | 0,738    | 5,66        |
| 4 | ELECTRODO 3081 3/32                     | 0,85    | 3,40          | 0,51     | 3,91        |
| 2 | TAPON AUDITIVO ARMOR                    | 0,6     | 1,20          | 0,18     | 1,38        |
| 1 | GRATA CIRCULAR ACERO ONDULADO           | 2,8     | 2,80          | 0,42     | 3,22        |
| 1 | FUENTE 12v SA                           | 9       | 9,00          | 1,35     | 10,35       |
| 2 | ENCHUFE BLINDADO 3P                     | 1       | 2,00          | 0,3      | 2,30        |
| 2 | FILTRO DE PARTICULAS 3M 2097 P100       | 6,52    | 13,04         | 1,956    | 15,00       |
| 3 | CABLE SUCRE CONELSA 2x10m               | 3,129   | 9,39          | 1,40805  | 10,80       |
| 1 | TRAJE DE PROTECCION TALLA XXL BLANCO    | 6,96    | 6,96          | 1,044    | 8,00        |
| 1 | ELEMENTOS ELECTRONICOS                  | 15,3    | 15,30         | 2,295    | 17,60       |
| 1 | LUZ PILOTO 16mm ROJA 24VDC              | 1,81    | 1,81          | 0,2715   | 2,08        |
| 1 | LUZ PILOTO 16mm VERDE 24VDC             | 1,76    | 1,76          | 0,264    | 2,02        |
| 1 | PULSADOR CAMSCO EMERGENCIA ROJO LMB_ES5 | 2,82    | 2,82          | 0,423    | 3,24        |
| 6 | ALAMBRE SOLIDO 18                       | 0,25    | 1,50          | 0,225    | 1,73        |
|   | <b>TOTAL SIN IVA</b>                    |         | <b>422,72</b> | 63,40743 | 486,12      |
|   |   |         | 15%           |          |             |
|   | <b>IVA DEL 15%</b>                      |         | <b>63,41</b>  |          |             |
|   | <b>TOTAL CON IVA</b>                    |         | <b>486,12</b> |          |             |

Los gastos varios también se deben considerar estos costos son temas de transporte, y gastos de mano de obra como se detalla en la Tabla 32

Tabla 32: Gastos varios

|                      | DETALLES  | UNID. | COSTO         |
|----------------------|---|-------|---------------|
| 4                    | TRANSPORTE INV DE CAMPO   | 30    | 120,00        |
|                      | MATERIALES DE OFICINA   | 50    | 50,00         |
|                      | EQUIPOS PRESTADOS EN CONDICIÓN                                      | 100   | 100,00        |
|                      | MEDIDOR DE HUMEDAD DE GRANOS AMTAST 155                             |       | 0,00          |
|                      | CÁMARA SATIR portable thermal imager i-384                          |       | 0,00          |
|                      | FLUKE Pro-termómetro de infrarrojos, -40 a + 1022 grados F Rango, 1 |       | 0,00          |
|                      | DIGITAL CLAMO METER EM266F  |       | 0,00          |
|                      | TOTAL GASTOS VARIOS   |       | 270,00        |
|                      | TOTAL GASTOS MATERIALES   |       | 486,12        |
| <b>TOTAL GENERAL</b> |   |       | <b>756,12</b> |

### 5.5.2 Vida útil de la Maquinaria

**¿Cuánto tiempo debe durar la secadora?:** La secadora se utiliza para secar el cacao después de su cosecha y fermentación, haciendo que las tareas de secado sean más fáciles y cómodas. Teniendo en cuenta la importancia de cuánto tiempo debe durar para aprovechar al máximo su valor se analiza la vida útil y una estimación de cuándo es el momento de reemplazarla.

### 5.5.3 Factores que afectan la durabilidad de la máquina secadora

Tomando en cuenta los parámetros de mantenimiento descritos estos factores son.

#### 1. Materiales de Construcción

1. Estructura principal: Tubo estructural cuadrado de 30x30x1.5 mm (acero al carbono)
2. Forro interno: Acero inoxidable 304 de 2 mm de espesor.
3. Aislamiento térmico: Lana de vidrio.
4. Forro externo: Acero inoxidable 304 de 0.7 mm de espesor.

#### 2. Condiciones de Operación

- **Uso diario:** 8 horas continuas.

- **Exposición a vapor ácido:** El vapor ácido que se desprende durante la fermentación del cacao es corrosivo, especialmente para el acero al carbono.
- **Temperatura:** La secadora opera a temperaturas elevadas, lo que acelera los procesos de corrosión y desgaste.

### **3. Factores que afectan la vida útil**

#### **a) Corrosión del Acero al Carbono**

El tubo estructural de acero al carbono está protegido por el forro interno de acero inoxidable 304, que es resistente a la corrosión. Sin embargo, si hay grietas o daños en el forro, el vapor ácido puede corroer el acero al carbono.

Vida útil estimada del acero al carbono: Con un mantenimiento adecuado y protección contra la corrosión, el acero al carbono puede durar 10-15 años.

#### **b) Desgaste del Acero Inoxidable 304**

El acero inoxidable 304 es resistente a la corrosión, pero el vapor ácido y las altas temperaturas pueden causar picaduras o corrosión por estrés.

Vida útil estimada del acero inoxidable: Con un mantenimiento adecuado, el acero inoxidable 304 puede durar 15-20 años.

#### **c) Aislamiento Térmico (Lana de Vidrio)**

La lana de vidrio es resistente al calor y a la humedad, pero puede degradarse con el tiempo debido a la exposición constante al vapor ácido y las altas temperaturas.

Vida útil estimada del aislamiento: Con un mantenimiento adecuado, la lana de vidrio puede durar 8-10 años.

#### **d) Mantenimiento**

El plan de mantenimiento descrito anteriormente (limpieza, cambio de aceite, lubricación, revisión de componentes eléctricos y mecánicos) es crucial para extender la vida útil de la máquina. El mantenimiento preventivo adecuado puede aumentar la vida útil en un 20-30%.

#### 4. Estimación de la Vida Útil

Considerando los factores anteriores, la vida útil de la máquina secadora de cacao se estima de la siguiente manera:

- Vida útil mínima: 10 años (si no se realiza un mantenimiento adecuado y hay exposición severa a la corrosión).
- Vida útil máxima: 20 años (con un mantenimiento preventivo riguroso y protección contra la corrosión).

#### 5. Recomendaciones para Extender la Vida Útil

- a) **Protección contra la corrosión:** Aplicar recubrimientos protectores en el acero al carbono resistente a altas temperaturas esta es esencial para proteger la secadora de cacao de los efectos del calor y la corrosión, especialmente en un ambiente donde se genera vapor ácido. Su uso no solo aumenta la durabilidad de la máquina también garantiza un funcionamiento óptimo y una vida útil prolongada.

Inspeccionar regularmente el forro interno de acero inoxidable para detectar grietas o daños.

- b) **Mantenimiento preventivo:** Realizar lubricación y cambio de aceite según el plan de mantenimiento.

Revisar y reemplazar el aislamiento térmico a los 3, 5, 8 años dependiendo del estado de la lana de vidrio esto para asegurar el secado uniforme del cacao

- c) **Limpieza regular:** Limpiar la máquina después de cada uso para eliminar residuos de vapor ácido.
- d) **Monitoreo de componentes críticos:** Revisar periódicamente el motor, la caja reductora y los componentes eléctricos.

Para ello la vida útil de la máquina secadora de cacao, construida con los materiales y condiciones descritas, se estima en 10-20 años, dependiendo del mantenimiento y las condiciones de operación. Con un plan de mantenimiento preventivo riguroso, es posible alcanzar la vida útil máxima de 20 años.

## 5.5.4 Costo beneficio de la maquina

### 5.5.4.1 Calcular la inversión inicial

- Costo de construcción 486.12\$
- Gastos varios de construcción 270\$
- Total, de inversión 756.12 \$

### Costos de operación anual

- Mantenimiento anual: 146\$

Sabemos que el consumo de la maquina es de 18.56\$ en electricidad por cada 24 días de trabajo.

Como la máquina opera todos los meses del año, calculamos el costo de energía anual.

- **Consumo de energía:**

Cada 24 días de trabajo: 18.56 \$

En el costo de energía anual es de:

$$18.56 \times 12 = 222.72 \text{ USD}$$

- **Costo total de operación anual**

Ahora sumamos los costos de mantenimiento anual y energía:

$$146 + 222.72 = 386.72$$

El costo total anual es necesario para mantener la maquina en funcionamiento correcto y así garantizar la producción continua.

- **Cálculo de producción anual de cacao seco:** Este apartado nos permite determinar cuánta producción genera la máquina en un año, tomando en cuenta la reducción de peso por la pérdida de humedad durante el secado.
- **Producción diaria de cacao seco:** Sabemos que la maquina trabaja con 30 kg de cacao húmedo al día, pero durante el proceso de secado, el cacao pierde cierta cantidad de humedad y su peso se reduce. Se estima que el cacao seco resultante es de 20 kg por día.

- **Producción Mensual de cacao seco:** La máquina trabaja 24 días al mes, por lo que la producción mensual es de:

$$20 \frac{kg}{día} \times 24 \text{ días} = 480 \frac{kg}{mes}$$

- **Producción anual de cacao seco:** Multiplicamos la producción mensual por los 12 meses del año

$$480 \frac{kg}{mes} \times 12 \text{ meses} = 5.760 \text{ kg/año}$$

- **Convertir la producción a quintales:** El cacao se comercializa en quintales en la cual sabes que 1 *quintal* = 46 kg

Para obtener la cantidad de quintales producidos en un año, usamos la fórmula:

$$\frac{5.760kg}{46 \text{ kg/quintal}} = 125.22 \text{ quintales/año}$$

Esto se refiere a que la máquina produce aproximadamente 125.22 quintales de cacao seco al año.

- **Cálculo de ingreso anuales:** En este apartado determinaremos cuánto dinero se genera al vender el cacao seco producido por la secadora en un año.
- **Precio de venta actual de cacao:** Sabemos que:

1 tonelada de cacao seco se vende por 10,301 USD

1 tonelada equivale a 22 quintales

Para conocer el precio de venta por quintal, dividimos:

$$\frac{10,301}{22} = 468.23 \text{ USD/quintal}$$

- **Producción anual de cacao seco:** La máquina procesa 30 kg de cacao húmedo por día, pero tras el secado pierde peso por la humedad.
- Se estima que la maquina tiene un resultado de 20kg por día
- Días trabajados por mes: 24 días

**Producción mensual por año:**  $24 \times 12 = 228 \text{ días}$

**Producción mensual:**  $20 \times 24 = 480 \text{ kg}$

**Producción anual:**  $480 \times 12 = 5,760 \text{ kg/año}$

El quintal equivale a 46 kg, la producción en quintales es:

$$\frac{5,760}{46} = 125.22 \text{ quintales/año}$$

- **Cálculo de los ingresos anuales:** Multiplicamos la cantidad de quintales producidos al año por el precio de venta por quintal:

$$125.22 \times 468.23 = 58,612.88 \text{ USD}$$

Los ingresos anuales por la venta del cacao en caso de que se mantenga el mismo precio producido por la maquina ascienden a 58,612.88 USD

#### 5.5.4.2 Cálculo de rentabilidad:

- **Cálculo de la ganancia neta anual:** Este cálculo es el dinero que queda después de restar los costos operativos anuales a los ingresos generados por la maquina en un año.

**Fórmula:**  $Ganancia \text{ neta anual} = Ingresos \text{ anuales} - Costos \text{ operativos anuales}$

**Ingreso anual** = 58,612.88

**Gastos Operativos anuales** = 368.72

$$58,612.88 - 368.72 = 58,244.16$$

Este es el beneficio anual obtenido después de descontar los costos de mantenimiento y energía.

- **Cálculo del retorno de inversión (ROI):** El retorno de inversión (ROI) mide cuantas veces se recupera la inversión inicial con las ganancias obtenidas.

$$\text{Fórmula: } ROI = \frac{Ganancia \text{ neta anual}}{Inversión \text{ inicial}}$$

**Ganancia neta anual:** 58,244.16

***Inversión inicial:*** 756.12

$$\frac{58,244.16}{756.12} = 77.07$$

Este valor nos indica que por cada dólar invertido en la máquina se genera aproximadamente 77 dólares en un año. Lo que quiere decir que la inversión inicial se recupera en menos de un mes por que los ingresos son significativamente mayores a sus costos y la máquina es altamente rentable, ya que genera 77 veces su costo de inversión en solo un año.

#### **5.5.4.3 Precio de venta al público de la máquina:**

- **Precio basado en la inversión inicial:** 756.12 USD

Si queremos vender la máquina con una ganancia razonable es decir con un margen de ganancia del 30% o 50% podemos calcular lo siguiente:

$$\text{Con el 30\% de ganancia: } 756.12 \times 1.30 = 982.96 \text{ USD}$$

El precio final de venta puede rondar entre los 900\$ y 1000\$ USD

$$\text{Con el 50\% de ganancia: } 756.12 \times 1.50 = 1,134.18 \text{ USD}$$

El precio final de venta con el 50% de ganancia es entre los 1100\$ y 1150\$ USD.

- **Precio basado en el valor secuencial (rentabilidad esperada):** Sabemos que la máquina genera ingresos anuales de: 58,244.16 USD/año.

Un inversionista normalmente desea recuperar su inversión en un tiempo razonable, entonces si el comprador quiere recuperar su inversión en 3 meses, precio debe ser equivalente a 3 meses de ganancias.

$$\frac{58,244.16}{4} = 14,561.04 \text{ USD}$$

Por lo cual si la máquina se vende basado en la rentabilidad se podría vender en la estimación de 14,561.04 USD, el comprador recuperará su inversión en 3 meses con su producción de cacao.

## **5.6 EVALUACIÓN TÉCNICA, AMBIENTAL, SOCIAL Y ECONÓMICO**

### **5.7 IMPACTO TÉCNICO**

Los requerimientos de la máquina de secado en forma de tambor se realizaron bajo criterios de construcción planimétricos; donde se aplicó soldadura, corte de metal y un Blower tratando de abaratar costos, los planos del modelo se colocaron en la sección de anexos para como referencia para nuevas investigaciones. La máquina además podrá ser controlada por un sistema electrónico que puede adaptar el calor.

### **5.8 IMPACTO AMBIENTAL**

Se optó por usar materiales que no generen humo contaminante, tanto para los granos de cacao como para el medio ambiente. Además, se obtiene un producto que no está contaminado de polvo y combustibles que se encuentran en las aceras y vías públicas, por lo que los operadores o secadores de cacao ya no se exponen a los climas externos de carreteras y esmog de automóviles, además del polvo y partículas contaminantes.

### **5.9 IMPACTO ECONÓMICO**

Un cacao de buena calidad es económicamente rentable, el mejorar su secado permite mejorar su sabor, aroma y calidad, además al reducir el tiempo de secado se puede ampliar la cosecha de granos y su almacenaje, por lo que se puede adquirir réditos económicos más altos, pues, no se dependerá del clima para secar el grano. Además, los costos de la máquina son accesibles, la máquina tiene un costo de 756,12\$.

### **5.10 IMPACTO SOCIAL**

Los operadores, en este caso campesinos, no poseen conocimientos en realización de máquina semi industrial, por lo que la ayuda de estudiantes de ingeniería industrial es indispensable para establecer ayuda a las comunidades que desean mejorar los procesos de sus microempresas y automatizarlos. De esta forma se puede ampliar la cantidad de secado del producto y contratar más personal para la siembra y la recolección de este grano.

## **6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 CONCLUSIONES**

- La máquina secadora de cacao se diseñó por medio de Shapr3D esto permitió establecer planos y diseño de piezas necesarios para la construcción de la máquina, sin embargo, al efectuar pruebas de secado de cacao se observaron falencias que se modificaron para obtener un grano con características aceptables conforma las normas ecuatorianas INEN NTE-176 la cantidad de 30 kg de granos de cacao con acero inoxidable 304 con un peso sin grano se 110 kg.
- Para el proceso de secado se optó por la implementación de un control de la maquina a distancia por medio de la aplicación telegram. El secador de cacao es una secadora en forma de tambor que se conecta mediante conectividad inalámbrica esto permite incrementar la temperatura de forma automatizada por medio de mensajes de texto, y se puede modificar la energía calórica, la misma que se encuentra en los 53 a los 63 grados, para obtener una homogeneidad del producto.
- En la evaluación del desempeño de la máquina de secado, para evitar que se tapen los orificios de la malla de secado, se debe usar grano fermentado, y un día colocado al sol; de esta forma el grano se podrá secar adecuadamente ahorrando la energía de la máquina, y su mantenimiento. La máquina puede secar en 6 a 7 horas 30 kg de cacao con un índice de humedad del 7% lo que es un grano óptimo para almacenamiento.

### **6.2 RECOMENDACIONES**

- Realizar la diagramación y modelado de las piezas en escala real, para distribuir de forma ergonómica el panel de control, el ingreso del grano y el tamaño de la máquina, de esta forma se puede evitar problemas de ensamble en el corte y armado y soldadura de las piezas.
- Programar el microcontrolador y la aplicación móvil para evitar fallas de conexión lógicas. Revisar que el dispositivo tenga instalado telegram, por medio de esta aplicación hay que revisar el encendido de toda la máquina chequear las termocuplas y el sensor de humedad.
- Capacitar a los operadores el manejo y uso adecuado de la máquina, de este modo optimizar su empleo y proteger el desempeño y la funcionalidad de la maquinaria, y

proteger al usuario de un mal manejo, al darle un mantenimiento adecuado. Se deberá chequear la temperatura y el peso del grano para que este no sobrepase la capacidad y temperatura máxima. De este modo cumplir el tiempo de vida útil de la máquina.

## 7.- REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Agricultura Ganadería, «Producción de cacao apunta a romper récord este año,» 30 Agosto 2024. [En línea]. Available: <https://www.agricultura.gob.ec/produccion-de-cacao-apunta-a-romper-record-este-ano/#>.
- [2] Lutheran World Relief, Caja de Herramientas para Cacao: Aprendiendo e Innovando sobre el Manejo Sostenible del Cultivo de Cacao en Sistemas Agroforestales., Centro América: Printex, Managua, Nicaragua, 2013.
- [3] V. Reynel y O. Loor, «Tipos de secado de Theobroma Cacao L. y su efecto en la calidad organoléptica en Esmeraldas, Ecuador,» *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias* , Vols. %1 de %2Vol. 2, , nº Nro. 4, , pp. pp. 31 - 49, Enero – Abril 2018.
- [4] J. Orna, N. Chuquín, L. Sanquinga y O. Cueva, «Diseño y construcción de una secadora automática para cacao a base de aire caliente tipo rotatorio para una capacidad de 500 kg.,» *Enfoque UTE* , , Vols. %1 de %2vol. 9, , nº núm. 2, , pp. págs. 159-174 , , 2018.
- [5] R. Pérez Piza, La calidad del cacao: Programa de capacitación a facilitadores y agricultores en la cadena de cacao, Quito: EC: CAMAREN, Estación Experimental Central Amazónica, 2009.
- [6] C. G. Palencia-Blanco, H. J. Paz-Díaz, Lozada-Valero, C.-C. M. A. y A.-V. O. C. P.-V. M. M. L. A., Etapas de procesamiento del cacao, Barrancabermeja, Colombia: Instituto Universitario de la Paz - UNIPAZ, 2021.
- [7] ICCO, «La Organización Internacional del Cacao (OCC),» Naciones Unidas, 2017. [En línea]. Available: <https://www.icco.org/>. [Último acceso: Julio 2024].

- [8] J. Caballero, Diseño de una secadora de cacao para almacenaje con capacidad de 2 T/ DIA, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2015.
- [9] J. Agamez, Diseño de un secado convectivo para el secado del grano de Cacao, Medellín-Colombia: Universidad de Antioquia, 2020.
- [1 A. Garcia y W. Gutiérrez, Diseño y construcción de una secadora de cacao tipo tanque 0] empleando, Guayaquil: Universidad Politécnica salesiana, 2022.
- [1 R. Vera, Máquina para el secado de cacao con interfaz de usuario, Quito : Universidad 1] Internacional del Ecuador, 2020 .
- [1 U. E. J. Gómez, Diseño y construcción de una máquina automática para el secado de cacao 2] tipo plataforma con capacidad de 100 libras, para mejorar los tiempos de producción en la Hacienda San Francisco, de la parroquia Pucayacu cantón La Maná., Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Ingeniería Electromecánica., 2019.
- [1 L. D. Albán Rocha y H. R. Montesdeoca Balarezo, “Implementación de una secadora 3] cilíndrica a gas para el secado de cacao”, Latacunga : Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC), 2023.
- [1 R. P. Parra, «Secado artificial de cacao. Estado del arte,» *Primer Congreso Salesiano de 4] Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad*, vol. 2, n° 6, pp. 208-236, 2015.
- [1 S. Indre, «indresa,» El proceso del cacao Desde su cultivo en los mejores países 5] productores del mundo hasta la fabricación del chocolate, 2022. [En línea]. Available: <https://indresa.com/proceso-del-cacao/>.
- [1 L. A. N. d. E. e. I. d. C. d. E. ANECACAO, «ANECACAO,» Tipos de Cacao, 2022. [En 6] línea]. Available: <https://anecacao.com/>.

- [1 G. A. y. P. Ministro de Agricultura, Manual de cultivo de cacao para la Amazonía  
7] Ecuatoriana, Ecuador: INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE  
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS INIAP, 2009.
- [1 European Forest Institute, «Diagnóstico de la cadena de valor del cacao, y mapeo de los  
8] indicadores y sistemas de información existentes,» *Resultado del diagnóstico participativo  
en Ecuador*, vol. 12, n° 2, pp. 1-41, 2021.
- [1 Grupo Nutresa, COSECHA, BENEFICIO Y CALIDAD DEL GRANO DE CACAO  
9] (*Theobroma cacao* L.), Medellín, Colombia. Agosto: Compañía Nacional de Chocolates  
S.A.S, 2019.
- [2 Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro, Guía de buenas prácticas  
0] agrícolas para cacao, Quito- Ecuador : AGROCALIDAD, 2012.
- [2 M. Grados y M. Vásquez, Desarrollo de una secadora de cacao tipo tanque mediante la  
1] implementación de un sistema de recirculación de aire con control de temperatura y  
monitoreo de humedad, Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana , 2024.
- [2 J. Nogales, «Poscosecha Cacao,» Diciembre 2020. [En línea]. Available:  
2] <https://poscosechacacao.com/>. [Último acceso: Julio 2024].
- [2 G. Conforme, Artist, *Fotografías de cacao*. [Art]. Universidad Técnica de Cotopaxi, 2024.  
3]
- [2 P. d. l. N. U. p. e. D. (PNUD), Manual de procesos de centro de acopio de cacao, Quito -  
4] Ecuador: Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), 2020.
- [2 O. Cueva y L. Saquina, Diseño y construcción de una secadora automática para cacao a  
5] base de aire caliente tipo rotatorio para una capacidad de 500 kg, U. T. Equinoccial, Ed.,  
Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2017, Abril-Junio,.

- [2 M. Á. Pérez Beltrán, Guía de buenas prácticas de cosecha, fermentación y secado para la  
6] producción de cacao especiales., Colombia: Programa Suizo de Cooperación al Desarrollo  
Económico en Colombia (SECO), 2024.
- [2 H. Aguilar, Manual para la Evaluación de la Calidad del Grano de Cacao, La Lima, Cortés,  
7] Honduras, C.A: Centro de Comunicación Agrícola, de la FHIA, 2016.
- [2 I. E. d. Normalización, Cacao en Grano, Ecuador: Especificaciones. NTE- INEN-176.,  
8] 2006.
- [2 INDUCOM, Artist, *Soluciones industriales*. [Art]. INDUCOM.  
9]
- [3 J. Manuel, «¿Qué es un motorreductor y para qué sirve?», La revista de valdemoro, 23  
0] diciembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.larevistadevaldemoro.com/que-es-un-motorreductor-y-para-que-sirve/> .
- [3 kywi, Artist, *Ferretería mayorista*. [Art].  
1]
- [3 SERRAWATT, Artist, *Resistencias Eléctricas Industriales*. [Art].  
2]
- [3 Electrónica Joan, «Arduino archivos.», Available: , 2023. [En línea]. Available:  
3] <https://electrojoan.com/electronica/arduino/>.
- [3 J. G. Carmenate, « ESP32 Wifi + Bluetooth en un solo lugar,» Programarfácil Arduino y  
4] Home Assistant, 7 marzo 2022. [En línea]. Available: .  
<https://programarfácil.com/esp8266/esp32/>.

[3 Mouser electronics. [Art].

5]

[3 A. Tronics, Artist, *Relé*. [Art].

6]

[3 DIPAC, «DIPAC PRODUCTOS DE ACERO,» [En línea]. Available:

7] <https://dipacmanta.com/producto/tubos/tubo-estructural/tubo-estructural-cuadrado-negro/>.

[3 S. N. d. Rodamientos, «Surtidora Nacional de Rodamientos,» 2023. [En línea]. Available:

8] <https://www.snr.com.mx/blog/chumacera-de-piso-funcionalidad-tipos-y-aplicaciones/#:~:text=Las%20chumaceras%20de%20 piso%2C%20conocidas,un%20movimiento%20suave%20y%20eficiente..> [Último acceso: 08 2024].

[3 Novatronic, «Ender 3 S1,» 2024. [En línea]. Available:

9] <https://novatronicec.com/index.php/product/ender-3-s1-2/>.

[4 E. Comercio, «El cacao es un producto ecuatoriano que conquistó el mundo,» El Comercio

0] , 24 julio 2024. [En línea]. Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/cacao-producto-ecuatoriano-conquistomundo.html>.

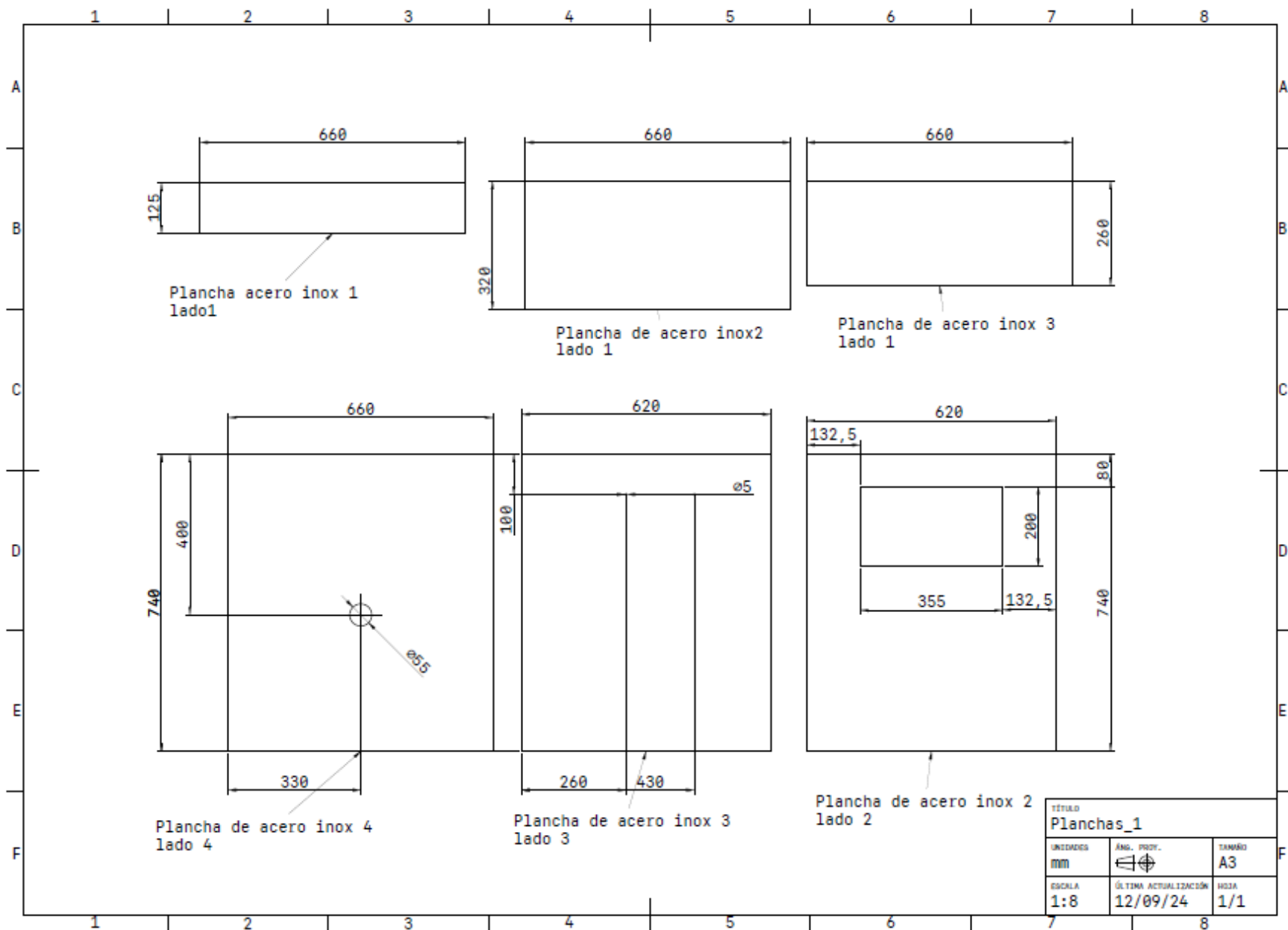
[4 S. Velásquez y E. Silva, «Diversificación geográfica de las exportaciones de cacao en

1] polvo, por medio de iniciativas comerciales destinadas a mercados internacionales,» *PROHOMINUM. Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, vol. 5, n° 3, pp. 63-76, 2023.

# ANEXOS

Anexo 1. Planimetría

| <b>ANEXO 1</b>   | <b>planimetría</b> |
|--|--------------------|
| <p data-bbox="422 622 1248 672"><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b></p> <p data-bbox="339 728 1329 846"><b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y<br/>APLICADAS</b></p> <p data-bbox="715 1019 954 1064"><u>TITULACIÓN:</u></p> <p data-bbox="608 1115 1061 1153">INGENIERÍA INDUSTRIAL</p> <p data-bbox="770 1227 898 1265"><u>TÍTULO:</u></p> <p data-bbox="260 1317 1412 1406"><b>“CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE SECADO DE GRANOS DE CACAO<br/>PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SUS PROCESOS”</b></p> <p data-bbox="751 1458 919 1496"><u>AUTORES:</u></p> <p data-bbox="515 1547 1157 1590"><b>Conforme Cruz Gabriel Alexander</b></p> |                    |



Plancha acero inox 1  
lado 1

Plancha de acero inox2  
lado 1

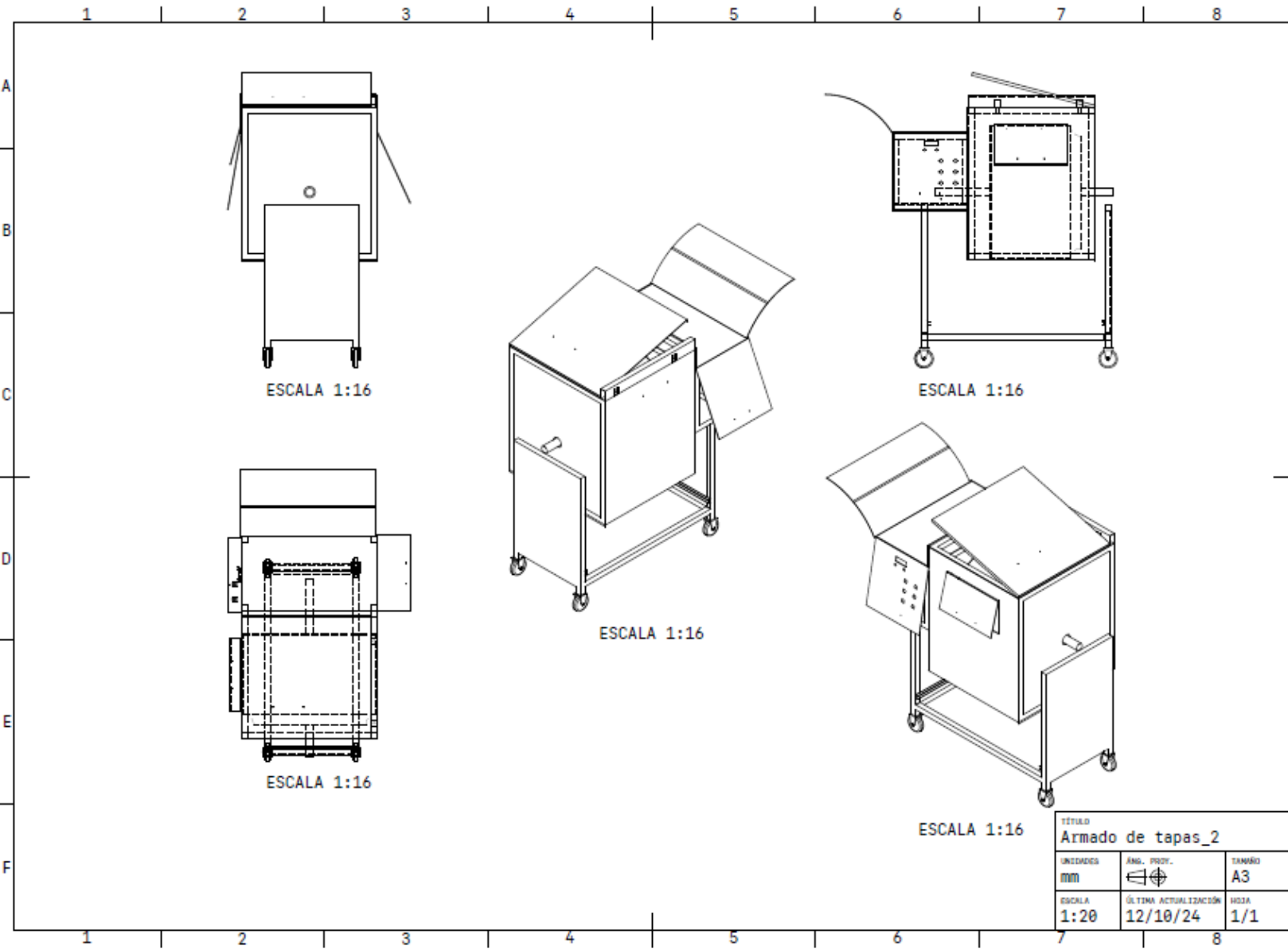
Plancha de acero inox 3  
lado 1

Plancha de acero inox 4  
lado 4

Plancha de acero inox 3  
lado 3

Plancha de acero inox 2  
lado 2

|            |                      |        |
|------------|----------------------|--------|
| TÍTULO     |                      |        |
| Planchas_1 |                      |        |
| UNIDADES   | ÁNG. PROF.           | TAMAÑO |
| mm         |                      | A3     |
| ESCALA     | ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN | FOLIO  |
| 1:8        | 12/09/24             | 1/1    |



ESCALA 1:16

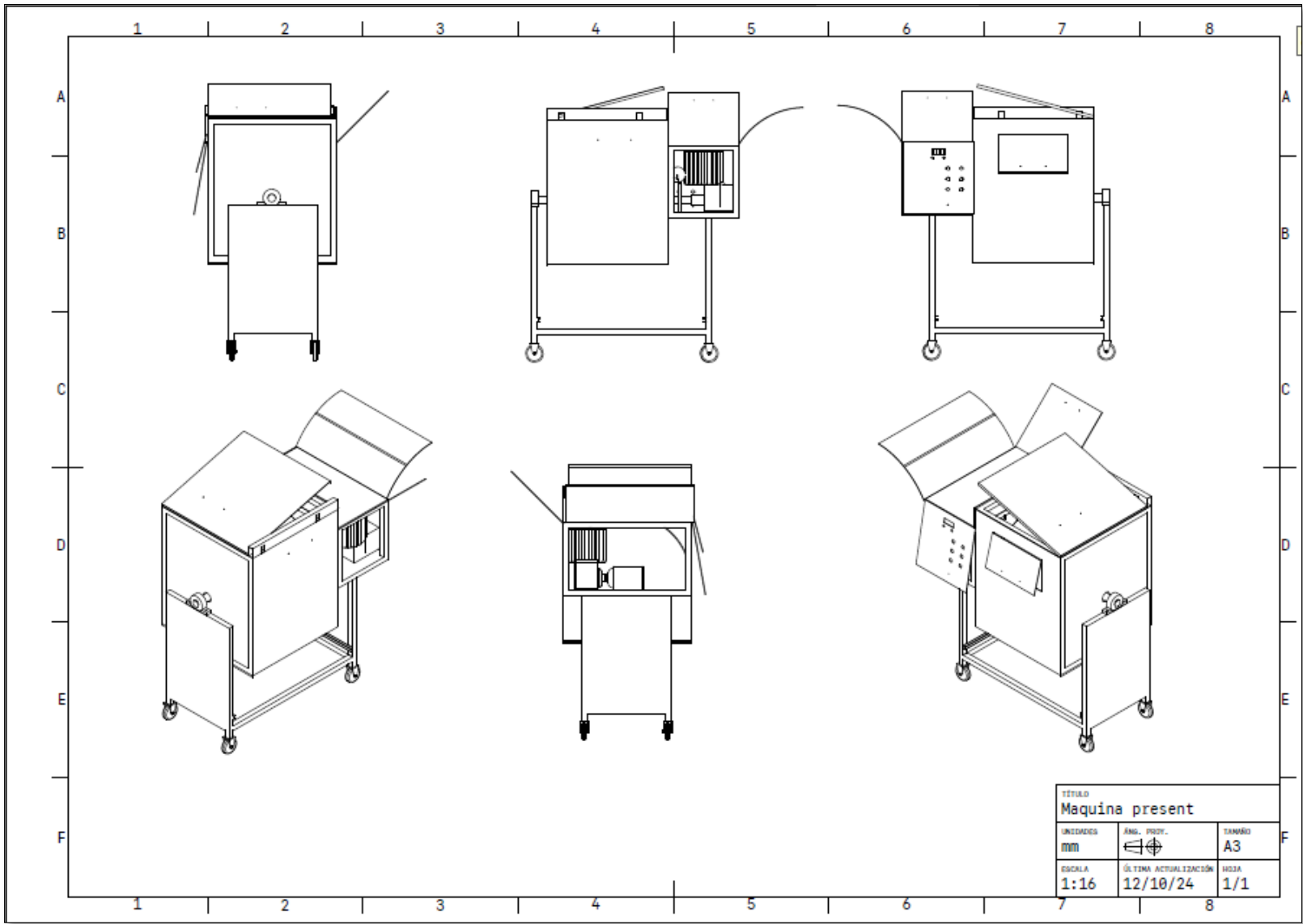
ESCALA 1:16

ESCALA 1:16

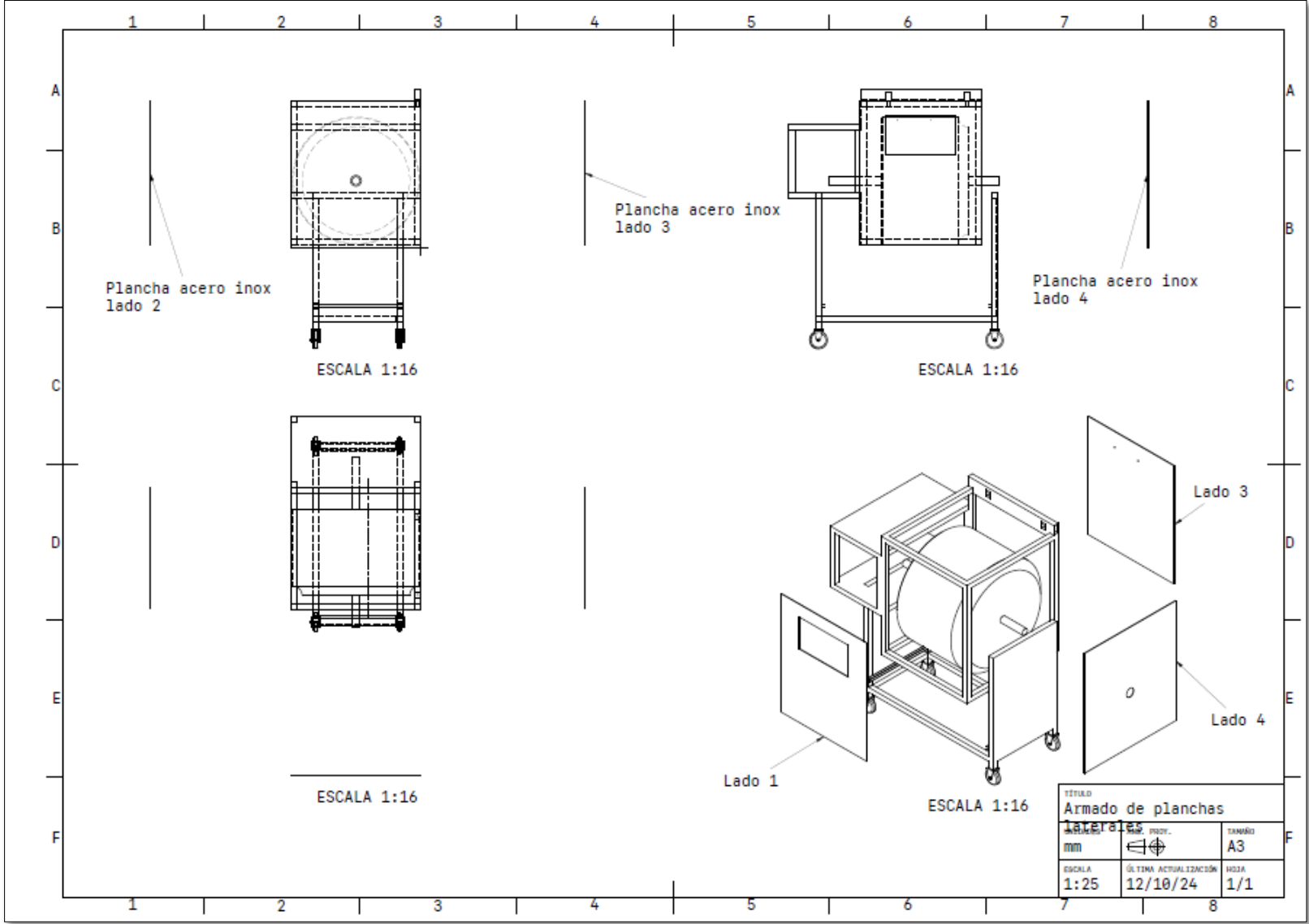
ESCALA 1:16

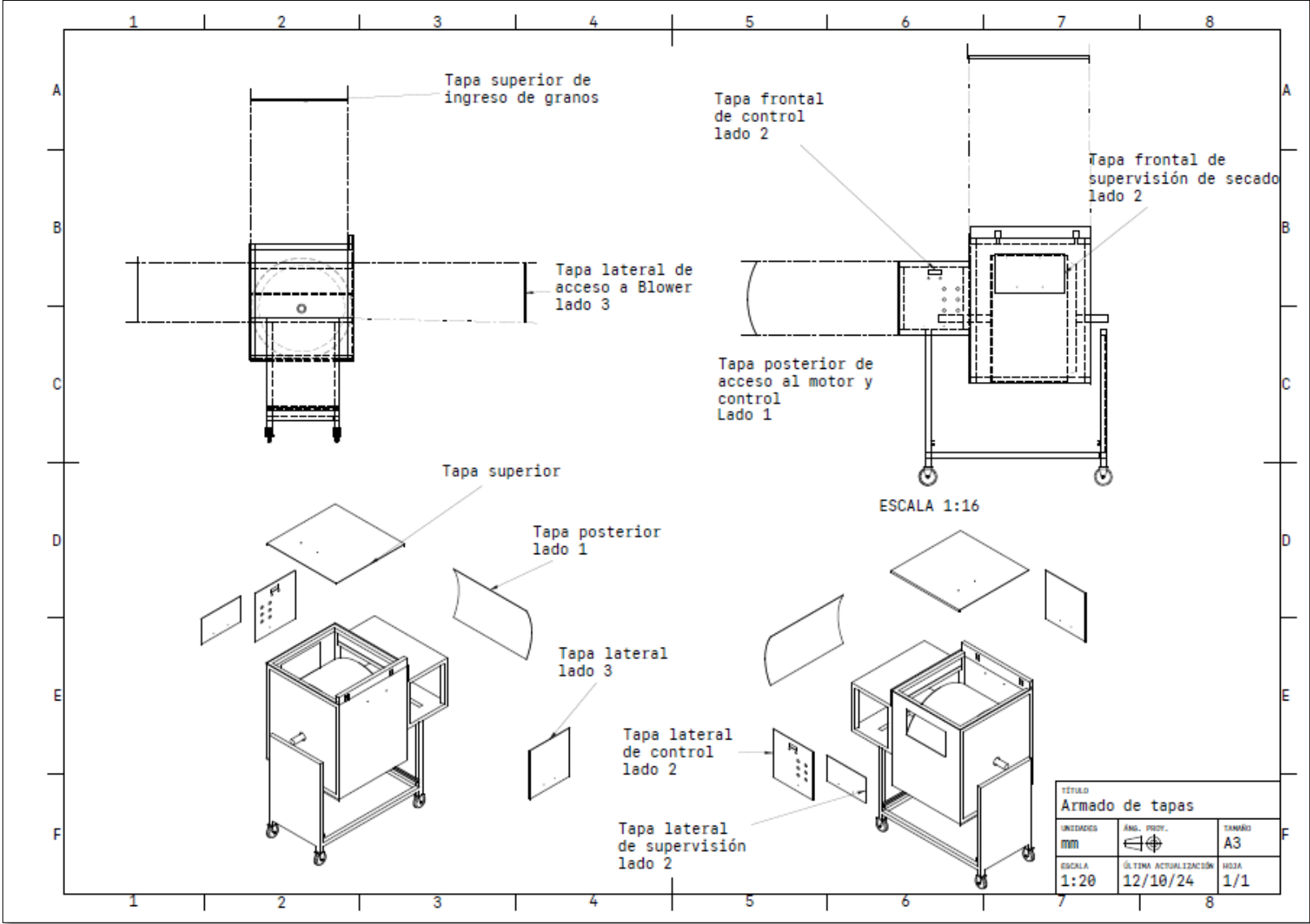
ESCALA 1:16

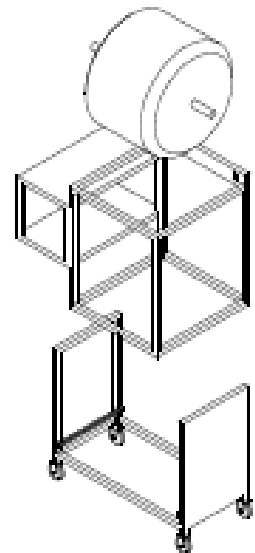
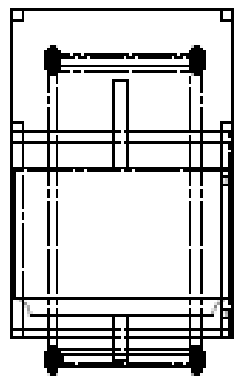
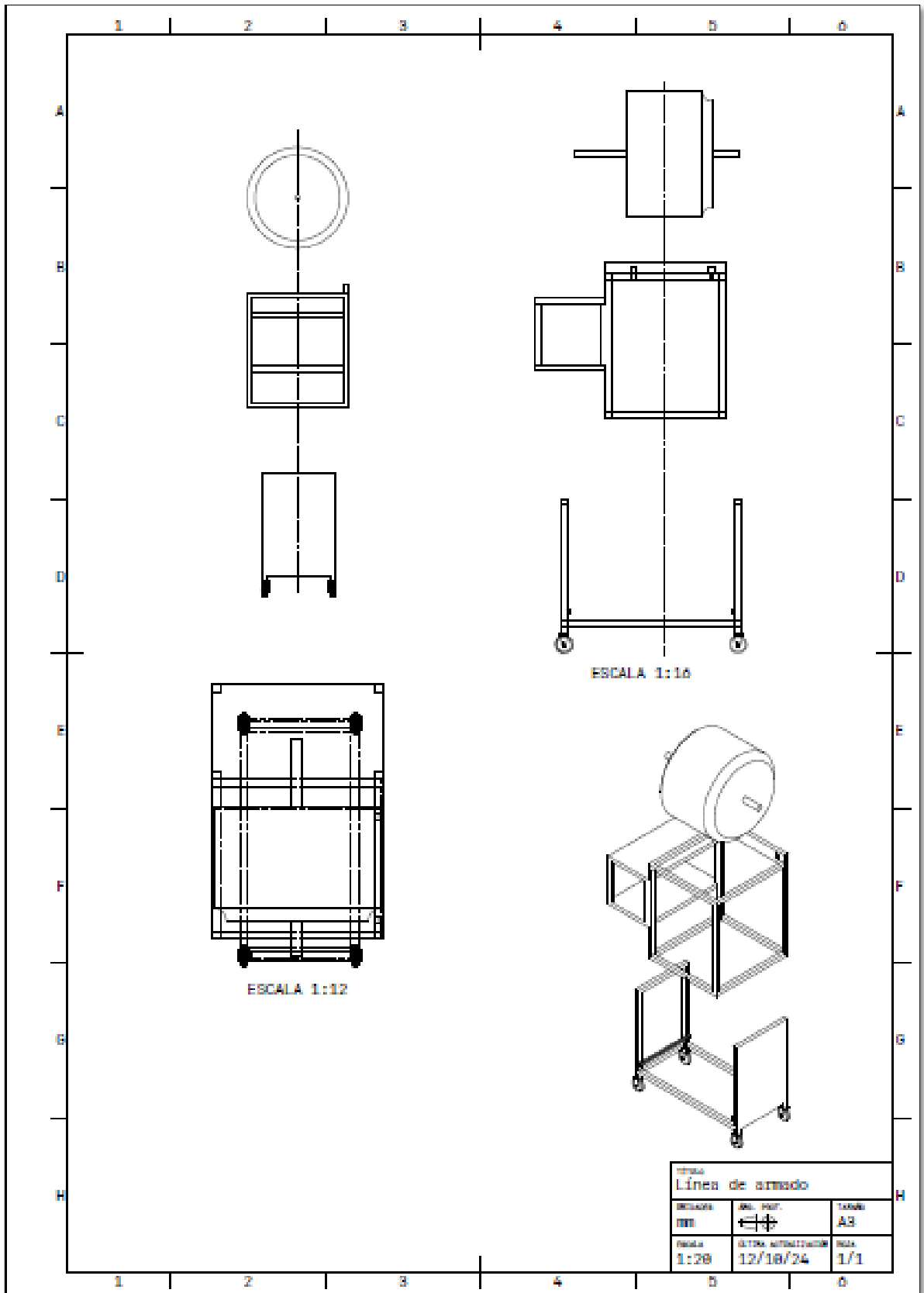
|                   |                      |        |
|-------------------|----------------------|--------|
| TÍTULO            |                      |        |
| Armado de tapas_2 |                      |        |
| UNIDADES          | ANG. PROF.           | TAMAÑO |
| mm                |                      | A3     |
| ESCALA            | ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN | FOLIO  |
| 1:20              | 12/10/24             | 1/1    |



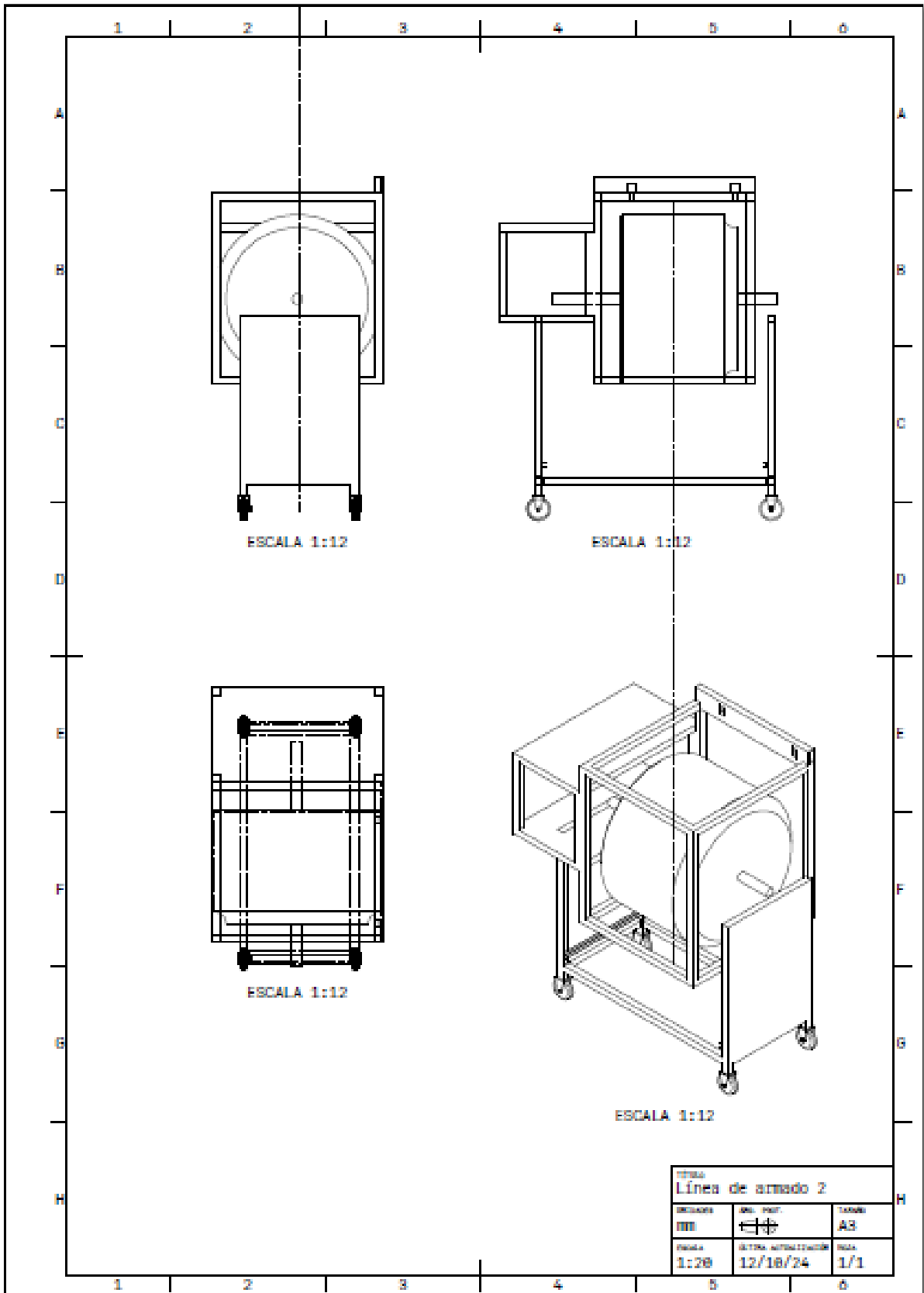
|                 |                      |        |
|-----------------|----------------------|--------|
| TÍTULO          |                      |        |
| Maquina present |                      |        |
| UNIDADES        | ANG. PROJ.           | TAMAÑO |
| mm              | $\leftarrow \oplus$  | A3     |
| ESCALA          | ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN | Hoja   |
| 1:16            | 12/10/24             | 1/1    |







| Título          |                 |        |
|-----------------|-----------------|--------|
| Línea de armado |                 |        |
| Escala          | Nº. Hoj.        | Tamaño |
| mm              | ←→              | A3     |
| Fecha           | OTRA APLICACIÓN | Hoj.   |
| 1:20            | 12/18/24        | 1/1    |



**ANEXO 2**

**planimetría**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y**  
**APLICADAS**

**“MANUAL DE USO DE UNA MÁQUINA DE SECADO**  
**DE GRANOS DE CACAO”**

**AUTORES:**

**Conforme Cruz Gabriel Alexander**



Gabriel Conforme

# Manual de Operación

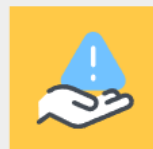
Secadora de Granos de Cacao



SEGURIDAD



FUNCIONAMIENTO



MANIPULACIÓN



MANTENIMIENTO



## CONTACTO:



095 922 2565



Quito, S63



[instagram.com/gabriel\\_conforme/](https://www.instagram.com/gabriel_conforme/)



## **Medidas Adicionales de Seguridad para la secadora de Granos de Cacao**

### **1. Verifique el voltaje:**

Antes de la instalación, asegúrese de que el suministro eléctrico de su hogar coincida con los requisitos de la secadora (110- 127v).

Contactos y cableado: Verificar el tomacorriente y el cableado de la secadora. No use extensiones ni adaptadores.

El equipo debe instalarse con materiales ignífugos en el suelo, la encimera y la pared cercana, si es necesario.

### **2. Mantenimiento regular**

Limpieza de polvillo de cacao: Limpie el polvillo generado por el cacao después de cada ciclo de secado para evitar la acumulación de polvillo, que puede ser inflamable.

Inspección del cableado: Revise periódicamente el cableado y el enchufe para detectar signos de desgaste o daños.

### **3. Uso seguro**

No sobrecargue la secadora: No seque demasiado cacao, ya que esto puede sobrecalentar el motor y provocar un daño que requiera cambio de motor.

No seque materiales inflamables: No seque artículos que hayan estado en contacto con productos químicos inflamables, como gasolina o disolventes.

Supervise la secadora: No deje la secadora desatendida durante períodos prolongados.

Apague la secadora: Desenchufe la secadora cuando no esté en uso y antes de realizar cualquier tarea de mantenimiento.

### **4. En caso de problemas**

Olor a quemado: Si huele a quemado, apague inmediatamente la secadora y desconéctela.

Chispas o humo: Si ve chispas o humo, apague la secadora y desconéctela.







Ruido inusual: Si la secadora hace ruidos extraños, consulte a un técnico calificado o fabricante.

Fab: 095 922 2565 / 02 300 6884

## 5. Información adicional


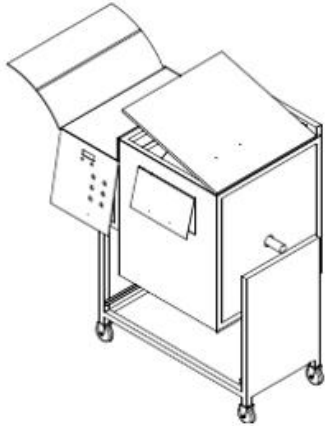
Manual del usuario: Lea y siga las instrucciones del manual del usuario de la secadora.

### Simbología:

|   |  |
|---|--|
|    | Precaución, alto voltaje.                          |
|    | Precaución, riesgo de atrapamiento.                |
|  | Precaución, riesgo de incendio por polvo de cacao. |
|  | Precaución, superficies calientes.                 |
|  | Precaución, atrapamiento de cuerpo                 |
|  | Precaución, peso máximo de carga en kilos          |

# Manual de Operación:

## Información General

| MÁQUINA   | MODELADO   |
|---|--|
|  |  |
| <b>Descripción</b>  | Motor  |
|   | Voltaje  |
|   | <b>Parámetros</b>  |
| • <b>Capacidad de secado</b>  | 30 kg  |
| • <b>Peso sin grano</b>   | 110kg  |
| • <b>Tiempo de secado</b>   | De 6 a 7 horas alcanza un secado óptimo de 7%                                      |
| • <b>Temperatura de secado</b>  | De 150 a 250 grados  |
| • <b>Velocidad de trabajo</b>   | De un máximo de 7 horas  |
| • <b>Material de contenedor</b>   | Acero inoxidable 304   |
| • <b>Tablero de control</b>   | 7 pulsadores, 3 de encendido, 3 de apagado, 1 paro de emergencia                   |
| • <b>Ventilador</b>   | Blower centrífugo  |

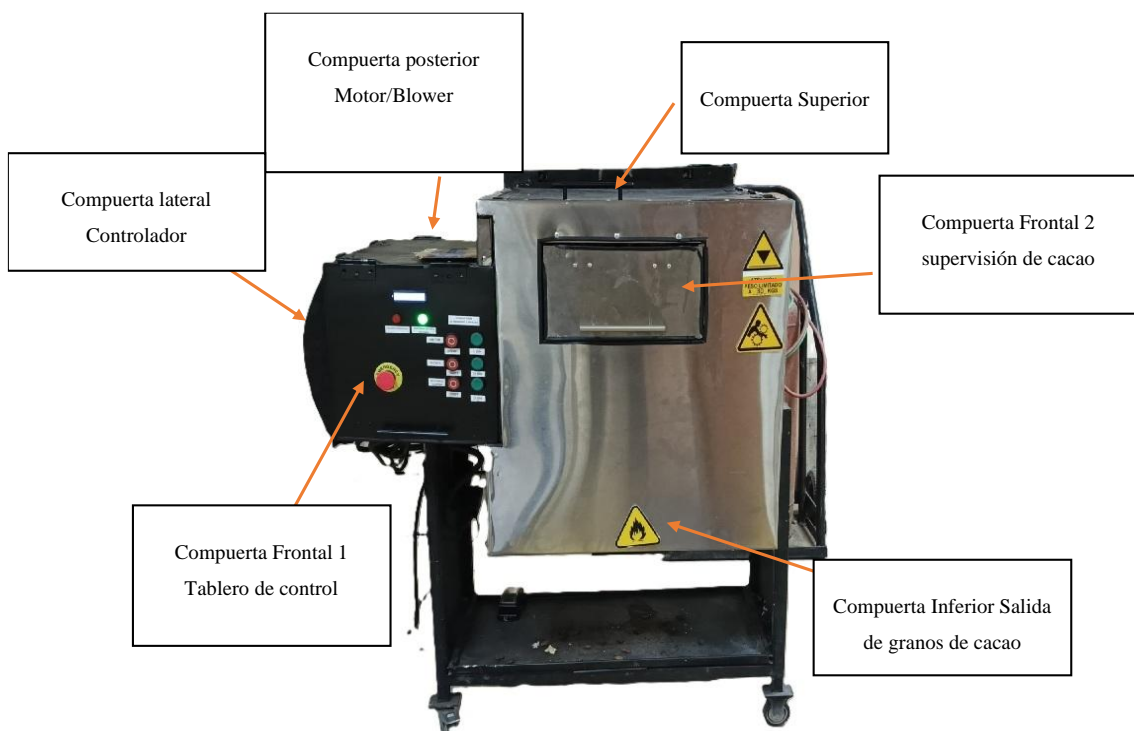
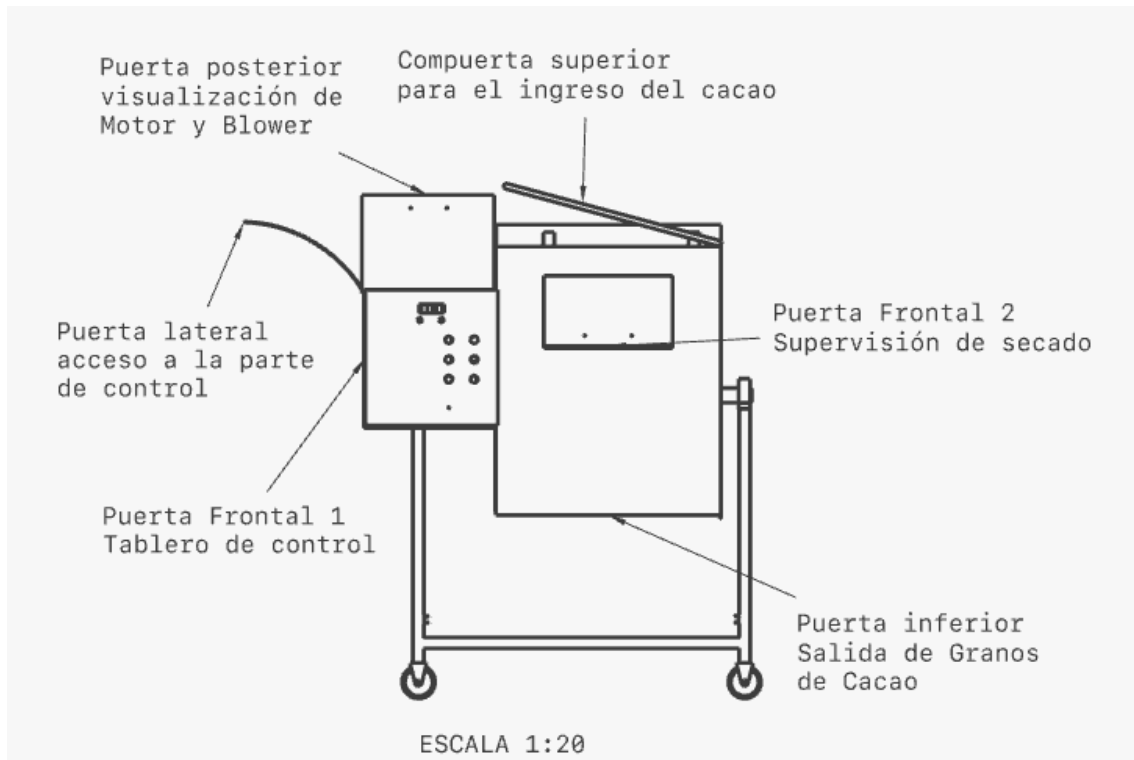
### Instrucciones de uso de la maquina:

El uso de la máquina debe realizarse con equipo de protección y mantener las debidas precauciones, para esto se debe seguir las siguientes pautas:

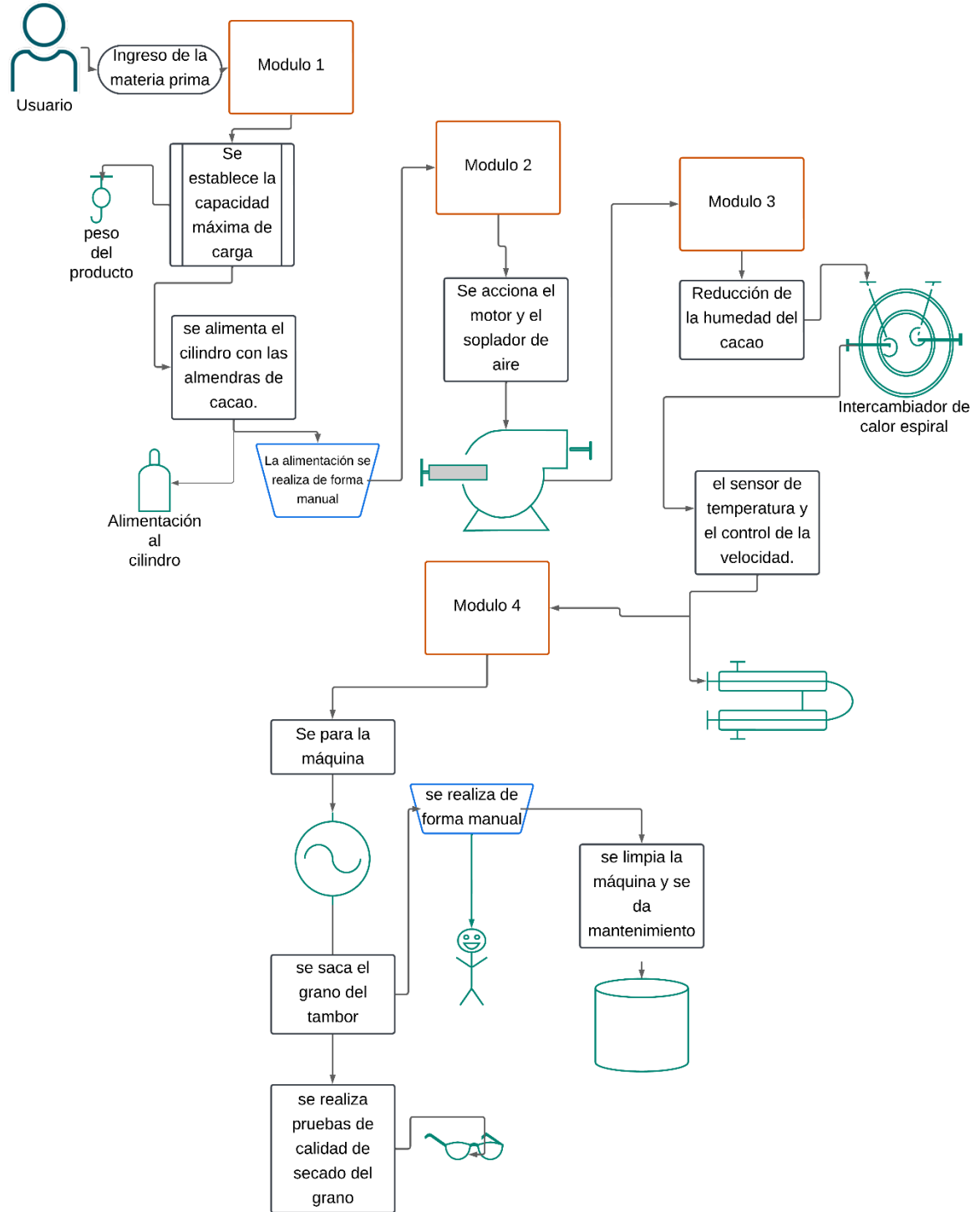
- Abrir la máquina y colocar el grano sin baba
- Esparcir por el contenedor
- Presionar el botón de encendido, regulando la temperatura
- Medir la humedad
- Presionar el botón de apagado.

- Esperar que la máquina se detenga y retirar los granos.
- Pesar el grano secado y revisarlo.

### Partes de la maquina



# Diagrama de flujo en función del cacao



## Partes del Tablero de control

1. Pantalla indicadora de Temperatura promedio de la máquina



2. LED indicador de máquina energizada

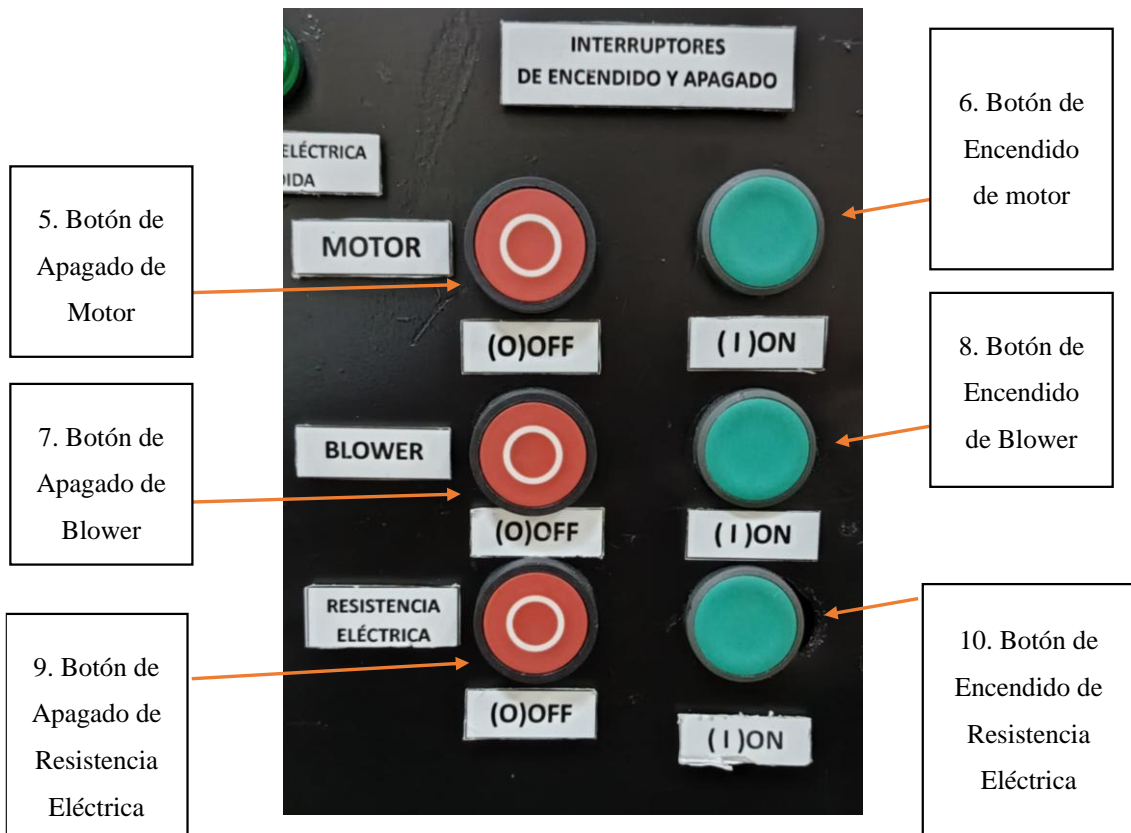
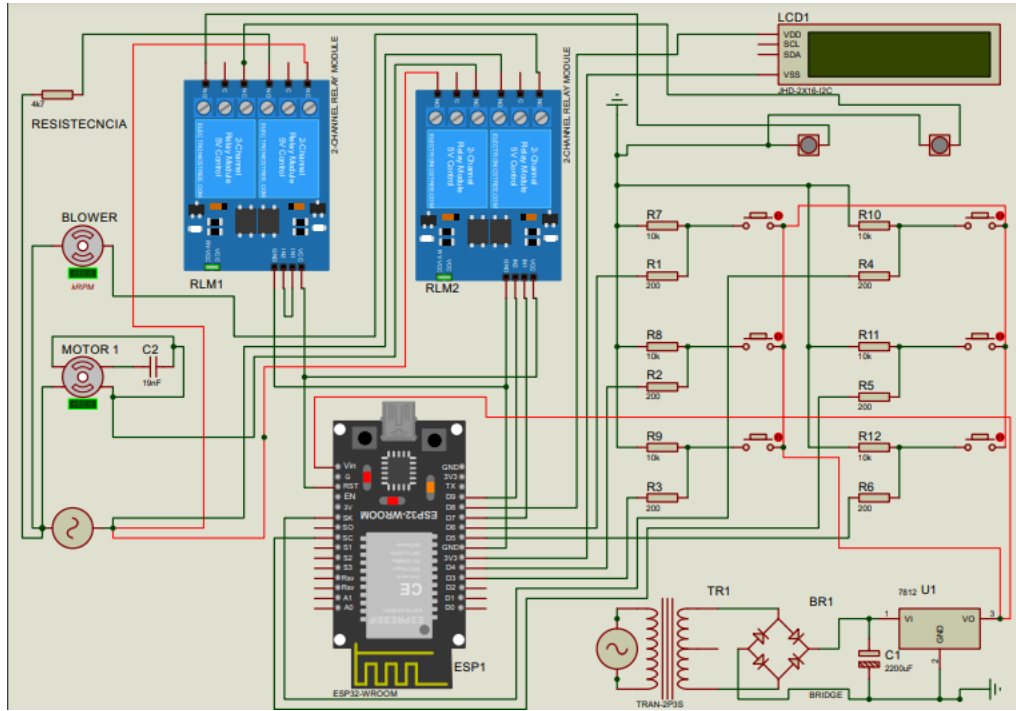


4. Paro de Emergencia

3. LED indicador de Resistencia Eléctrica encendida



# Plano eléctrico de la Máquina



1. Pantalla indicadora de Temperatura promedio de la máquina

2. LED indicador de máquina energizada
3. LED indicador de Resistencia Eléctrica encendida
4. Paro de Emergencia

### **¿Cuándo usar el paro de emergencia?**

- Si alguien está en riesgo de ser golpeado, atrapado o lastimado por la máquina.
- Si la máquina hace ruidos extraños, se mueve de forma irregular o parece que va a fallar.
- Si ves fuego o humo cerca de la máquina.
- Cualquier situación de emergencia que sientas que algo no está bien y la máquina puede causar daño.

Ten en cuenta lo siguiente y recuerda:

**No usar el paro de emergencia como un interruptor normal, esto puede dañar a la máquina o el mismo.** El paro de emergencia es solo para usarlo en situaciones verdaderas de emergencia

5. Botón de Apagado de Motor

Pulsar el botón (O) hasta parar la marcha del motor o no esté girando el tambor.

6. Botón de Encendido de motor

Pulsar el botón (I) hasta que el motor esté en marcha o el tambor empiece a girar.

7. Botón de Apagado de Blower

Pulsar el botón (O) hasta parar la marcha del Blower este tiene un sonido característico cuando está encendido.

8. Botón de Encendido de Blower

Pulsar el botón (I) hasta que el Blower, este tiene un sonido característico cuando está encendido.

9. Botón de Apagado de Resistencia Eléctrica

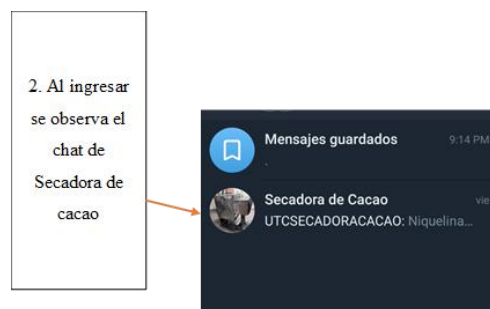
Pulsar el botón (O) hasta que el LED indicador (verde) este completamente apagado y se encienda el LED (rojo).

#### 10. Botón de Encendido de Resistencia Eléctrica

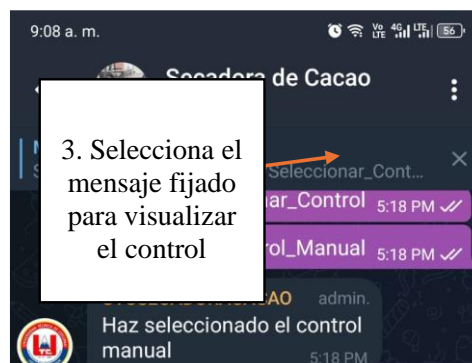
Pulsar el botón (I) hasta que el LED indicador (verde) este completamente encendido y se apague el LED (rojo).

#### Partes de control desde el celular

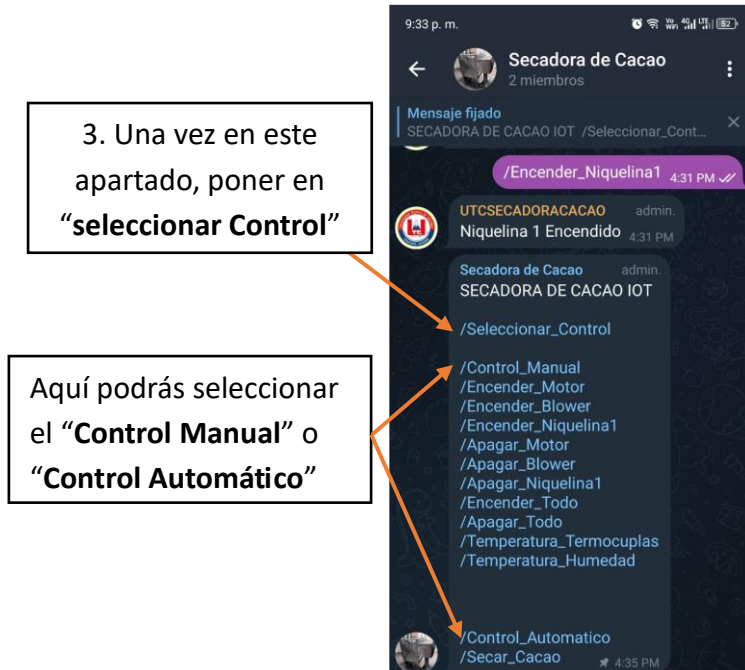
1. Tener la aplicación de TELEGRAM en caso de no tenerla descargarla desde PlayStore o App Store.
2. Abrir la app de telegram, y pida al administrador del grupo de SECADORA DE CACAO que lo agregue para poder visualizar y manejar el control de la máquina secadora.




3. Al ingresar observarás en la parte superior del chat el apartado donde dice **“Mensaje fijado”**, seleccionarás este apartado el cual es nuestra parte de selección de control manual y automático.



4. Una vez seleccionado el control de desplazar varias opciones, donde elegirás tu control automático y manual.



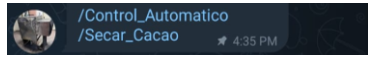
Una vez seleccionado Control Manual te llegará una notificación de que tipo de control elegiste,

en este caso veremos primero el "Control Manual" , el cual es donde te permite ir seleccionando cada parte que desees poner en marcha, por ejemplo, si desees primero prender la resistencia eléctrica la selecciona y se prendera su indicador (LED VERDE) en la maquina y te llegara la notificación de que está encendido y así mismo al apagar.



Cuando encienda el modo manual la máquina se apagará automáticamente cuando esta llegue al 5% de humedad ambiental dentro del secador. Recuerda siempre mantener la supervisión del secado constantemente.

- 1 Una Vez seleccionado “**Control Automático**”, deberás seleccionar “**Secar Cacao**”



, esto para iniciar el proceso de secado automático el cual todos los componentes se irán poniendo en marcha.

- 2 Para ir verificando los parámetros de control en temperatura y humedad puedes seleccionar desde la parte de control “**Temperatura Termocuplas** o **Temperatura Humedad**” .

La “**Temperatura Termocuplas**” te indica la temperatura actual que se encuentra el secador y la “**Temperatura Humedad**” te indica la temperatura promedio del secador y la humedad ambiental interno del secador. Estos parámetros sirven para controlar la temperatura de la máquina de manera automática y manual, la humedad permite identificar el estado promedio de humedad que se encuentra el grano.

### **Alimentación de la maquina con granos de cacao**

1. Pesamos los granos con la cantidad máxima de 30kg de cacao



2. Abrimos la puerta superior de la secadora y seguidamente retiramos la tapa del tambor donde se coloca el cacao.



3. Coloque el cacao pesado dentro del tambor seguido de la tapa del mismo y cierre la tapa superior para poner en marcha el secado.



- 3 Para poner en marcha el secado del cacao tenemos dos controles uno manual desde la maquina y otro desde el celular como indica en la primera parte de este manual.

## **Mantenimiento**

### **1. Frecuencia de Mantenimiento**

- Mantenimiento diario: Inspección visual y limpieza.
- Mantenimiento semanal: Lubricación y revisión de componentes.
- Mantenimiento mensual: Revisión profunda de componentes eléctricos y mecánicos.
- Mantenimiento trimestral: Cambio de aceite y grasa, revisión de la caja reductora.

### **2. Actividades de Mantenimiento**

#### **Mantenimiento Diario:**

- Limpieza exterior e interior de la secadora.
- Verificación de ruidos anormales en el motor, blower y caja reductora.
- Revisión de conexiones eléctricas.

#### **Mantenimiento Semanal:**

- Aplicación de grasa en cojinetes del motor, y chumaceras (2 aplicaciones semanales).
- Revisión de la resistencia eléctrica y conexiones.
- Verificación de la temperatura de operación del motor.
- Verificación de fuga de temperatura al exterior.

#### **Mantenimiento Mensual:**

- Revisión de componentes eléctricos y electrónicos (cables, terminales, contactos).
- Limpieza interna del blower.
- Verificación del nivel de aceite en la caja reductora.

#### **Mantenimiento Trimestral:**

- Cambio de aceite en la caja reductora (1 galón cada 3 meses).
- Aplicación de grasa en todas las partes móviles (20 aplicaciones por bote de grasa).
- Revisión profunda del motor y blower.