



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE MECATRÓNICA

**DESARROLLO DE UNA SECADORA AUTOMÁTICA PARA CACAO
DE ALTA CAPACIDAD MEDIANTE FLUJO DE AIRE CALIENTE**

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

AUTORES: André Nicolay Ramírez Bonilla.

Hugo Dario Viteri López.

TUTOR: David Mateo Cortez Saravia

Guayaquil - Ecuador

2024

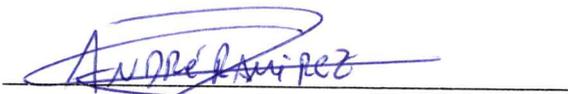
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **André Nicolay Ramírez Bonilla** con documento de identificación N° **0930860804** y **Hugo Dario Viteri López** con documento de identificación N° **0919276386**; manifestamos que:

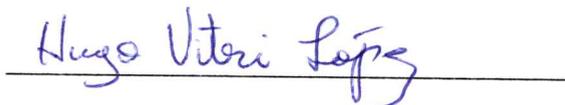
Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo.

Guayaquil, 28 de agosto del año 2024

Atentamente,



André Nicolay Ramírez Bonilla
0930860804



Hugo Dario Viteri López
0919276386

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

Nosotros, **André Nicolay Ramírez Bonilla** con documento de identificación N° **0930860804** y **Hugo Dario Viteri López** con documento de identificación N° **0919276386**, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del **desarrollo de una secadora automática para cacao de alta capacidad mediante flujo de aire caliente**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

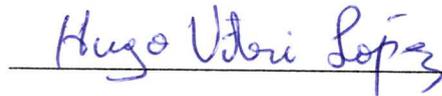
En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo a final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Guayaquil, 28 de agosto del año 2024

Atentamente,



André Nicolay Ramírez Bonilla
0930860804



Hugo Dario Viteri López
0919276386

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **David Mateo Cortez Saravia**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana , declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **desarrollo de una secadora automática para cacao de alta capacidad mediante flujo de aire caliente**, realizado por **André Nicolay Ramírez Bonilla** con documento de identificación N° **0930860804** y por **Hugo Dario Viteri López** con documento de identificación N° **0919276386**, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Dispositivo Tecnológico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 28 de agosto del año 2024

Atentamente,



Ing. David Mateo Cortez Saravia.
0963020193

DEDICATORIA

Hoy quiero dedicar estas palabras a todas las personas que han sido parte de mi camino hacia la culminación de esta tesis.

A mi familia, por su amor incondicional, apoyo y paciencia. Gracias por ser mi roca y por creer en mí incluso cuando dudaba de lo que hacía.

A mis profesores, por su sabiduría, guía y dedicación. Gracias por compartir su conocimiento e impulsarme a alcanzar mis metas académicas.

A mis colegas, mi más sincero agradecimiento. Sin su apoyo, este logro no habría sido posible. Espero que esta tesis contribuya de alguna manera al conocimiento y la sociedad.

Con gratitud,

André Nicolay Ramírez Bonilla

Hoy quiero dedicar a mi madre Jacinta López por el apoyo y la confianza, a mi esposa Mgs. Yinyer Macías por el apoyo incondicional, a mi tío Mgs. Alfonso Viteri por su apoyo. Quienes me inspiraron a estudiar esta carrera, me dieron enseñanza para trabajar con esfuerzo para lograr obtener todos mis objetivos, también me enseñaron lo importante de ser perseverante y estar preparado para la realidad que puede ser la vida.

Gracias a ellos por darme fortaleza para seguir siempre firme en mi carrera universitaria, por haberme inspirado responsabilidad, esfuerzo, constancia, lealtad y hacer las cosas humildemente con amor.

Con gratitud,

Hugo Dario Viteri López

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mis padres Sr. Hugo Ramírez y Sra. Yesenia Bonilla, quienes han sido pilares fundamentales en mi vida y en la realización de esta tesis. Vuestra presencia y apoyo incondicional han sido una fuente inagotable de motivación y fortaleza.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Ingeniero Juan Vera, quien ha sido una pieza fundamental en el desarrollo de mi tesis. Gracias por su vasta experiencia y disposición para compartir conocimientos que han sido cruciales en cada etapa de este proceso. Gracias por brindarme de su orientación y consejos valiosos, por su paciencia y dedicación, así también como el tiempo que invirtió en ayudarme a alcanzar mis objetivos académicos. Gracias, Ing. Juan Pablo Vera, por ser un mentor excepcional y por contribuir de manera significativa a mi formación profesional.

A mi familiar Steeven Jairala y amigos Jackson Valverde, Alan Mina y Anthony Bravo, quien conté con su apoyo cuando lo necesité, momentos en el que ya estaba sin guía de qué mas hacer o cómo resolver problemas en este proceso de formación, gracias por estar a mi lado, por darme ánimos en cada paso. Vuestro apoyo ha sido un impulso que me ha llevado a alcanzar este logro.

A mis queridos tíos Eco. Wilson Zambrano y Cpa. Juana Ramírez, quienes han sido como segundos padres para mí. Gracias por vuestra sabiduría, consejos y por ser un ejemplo a seguir en mi vida diaria. Vuestra presencia en mi vida ha sido un regalo invaluable y siempre me han animado a perseguir mis sueños.

Esta tesis es un logro personal gracias a Dios que me brindó de sabiduría, fuerzas y ánimos, cuando casi no contaba con ello, pero puedo decir que si me caía, ponía toda mi fe en Dios que me levantaba y me sacaba adelante, gracias por cuidar de mi salud y que me haya dado este comienzo en mi vida profesional.

André Nicolay Ramírez Bonilla

A Dios, por guiar mi camino en esta etapa universitaria y permitir adquirir buenos conocimientos que me ayudara a lo largo de mi vida como un profesional, gracias por darme salud y vida para culminar esta carrera y cumplir una de mis metas.

A mi madre la Sra. Jacinta López y a mi esposa por ser el pilar fundamental en mi vida, que siempre han estado a mi lado, dándome consejo y apoyándome en todo momento, gracias por apoyarme día a día con sus consejos y motivaciones.

A mi familia paterna tío Mgs. Alfonso Viteri por confiar siempre en mi y apoyarme cuando mas lo necesitaba.

A mi tío Sr. Evaristo López por su gran ayuda por darme el conocimiento y prestarme todas las herramientas para poder lograr este proyecto gracias al taller Isabel y a todo el personal por su ayuda brindada.

Hugo Dario Viteri López

ÍNDICE

I.	Problema	1
II.	Justificación	2
III.	Objetivos	3
III-A.	Objetivo general	3
III-B.	Objetivos específicos	3
IV.	Marco Teórico	4
IV-A.	Mazorca de cacao de combustible	4
IV-B.	Secado de frutos	5
IV-C.	Secadoras utilizadas para el secado	5
IV-C1.	Secador de cacao forma rotativo en vertical	6
IV-C2.	Secador de cacao forma rotativo en horizontal	7
IV-C3.	Secado mediante bandeja de flujo en paralelo	7
IV-C4.	Secador mediante bandeja forma de túnel	8
IV-C5.	Secador mediante lecho fluido	9
IV-C6.	Secador mediante lecho fijo	9
IV-C7.	Secador mediante bomba de calor	10
IV-C8.	Secador mediante salón de secado	10
IV-C9.	Secador solar	11
IV-D.	Principios de la automatización	12
IV-E.	Motores	13
IV-F.	Variador	13
IV-G.	Caja reductora	13
IV-H.	Programa Tia Portal	13
IV-I.	Tipo de programación en PLC	14
IV-J.	Definición de sensor de temperatura	14
V.	Metodología	15
V-A.	Dimensiones necesarias para la máquina.	15
V-B.	Diseño Mecánico.	17
V-B1.	Cálculo de potencia de paletas.	17
V-B2.	Motorreductor	18
V-B3.	Acero inoxidable 304	18
V-B4.	Transferencia de calor	21
V-C.	Diseño Eléctrico.	25
V-C1.	Válvula solenoide en GLP.	25
V-C2.	Variador de frecuencia	26
V-C3.	Blower	26
V-C4.	Quemador	26
V-C5.	Elección de PLC.	26
V-C6.	Sensor de temperatura Termocupla k	27
V-C7.	Raspberry PI 4	27
V-C8.	Botoneras	27
V-C9.	Luz piloto	28
V-C10.	Contactores	28
V-C11.	Cables de cobre	29

	V-C12.	Breaker principal	29
	V-C13.	Breakers de distribución	29
	V-C14.	Porta fusibles	30
	V-C15.	Switch Ethernet	31
	V-C16.	Pruebas de funcionamiento	31
	V-D.	Programación TiaPortal	32
	V-E.	Programación en Node-RED	38
VI.	Resultados		44
	VI-1.	Pruebas de secado de cacao	44
	VI-2.	Pruebas de secado por peso	46
VII.	Cronograma		48
VIII.	Presupuesto		49
IX.	Conclusiones		50
X.	Recomendaciones		50
XI.	Anexos		52
	XI-A.	Manual de Usuario	52
	XI-B.	Seguridad	52
	XI-C.	Mantenimiento diario	52
		XI-C1. Limpieza	52
		XI-C2. Inspección visual	52
	XI-D.	Mantenimiento semanal	53
		XI-D1. Lubricación	53
	XI-E.	Mantenimiento mensual	53
		XI-E1. Verificación de componentes eléctricos	53
		XI-E2. Inspección de motores y ventiladores	53
	XI-F.	Mantenimiento trimestral	53
		XI-F1. Revisión del sistema de calefacción	53
		XI-F2. Verificación de sistemas de seguridad	53
	XI-G.	Mantenimiento anual	53
		XI-G1. Revisión general	53
	XI-H.	Solución de problemas comunes	53
		XI-H1. Problema: secadora no enciende	53
		XI-H2. Problema: calentamiento insuficiente	53
		XI-H3. Problema: ruidos inusuales	53
	XI-I.	Repuestos y accesorios	53
	XI-J.	Planos mecánicos	55
	XI-K.	Planos eléctricos	68
	XI-L.	Construcción máquina secadora de cacao	70

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Crecimiento en la producción de granos de cacao en Ecuador [3].	4
2.	Secador rotativo vertical [1].	6
3.	Secador de cacao forma rotativo en horizontal [31].	7
4.	Secador tipo bandeja de flujo en paralelo [17].	8
5.	Secador de bandeja tipo túnel [7].	8
6.	Secador mediante lecho fluido [15].	9
7.	Diseño de secador mediante lecho fijo [2].	9
8.	Secador de bomba de calor [33].	10
9.	Secador mediante salón de secado [12].	11
10.	Secador solar [14].	12
11.	Clasificaciones de secadores utilizadas [1].	12
12.	Llenado de tanque. Elaborado por autores.	15
13.	Altura de llenado. Elaborado por autores.	16
14.	Espesor de tanque. Elaborado por autores.	19
15.	Espesor de plancha. Elaborado por autores.	19
16.	Calor específico del cacao [11].	21
17.	Tabla de coeficiente k [8].	22
18.	Diagrama psicrométrico [6].	23
19.	Válvula Solenoide. Elaborado por autores.	25
20.	Autómata S7-1200. Elaborado por autores.	26
21.	Termocupla tipo k 1mtr. Elaborado por autores.	27
22.	Raspberry Pi4. Elaborado por autores.	27
23.	Botoneras de start, stop y paro de emergencia . Elaborado por autores.	28
24.	Luces piloto rojo y verde. Elaborado por autores.	28
25.	Contactores 18A. Elaborado por autores.	29
26.	Breaker principal 3P 80A. Elaborado por autores.	29
27.	Breakers de alimentación 2P 16A / 2P 25A / 3P 40A. Elaborado por autores.	30
28.	Porta fusible 3P 32A. Elaborado por autores.	30
29.	Switch Ethernet. Elaborado por autores.	31
30.	Encendido blower y quemador. Elaborado por autores.	32
31.	Secado de cacao automatizado. Elaborado por autores.	32
32.	Programación en Software TiaPortal parte a. Elaborado por autores.	33
33.	Programación en Software TiaPortal parte b. Elaborado por autores.	34
34.	Programación en Software TiaPortal parte c. Elaborado por autores.	35
35.	Programación en Software TiaPortal parte d. Elaborado por autores.	36
36.	Programación en Software TiaPortal parte e. Elaborado por autores.	37
37.	Programación NodeRED parte a [22].	38
38.	Programación NodeRED parte b [22].	38
39.	Programación NodeRED parte c [22].	39
40.	Programación NodeRED parte d [22].	39
41.	Software RealVNC [22].	39
42.	Menú de selección [22].	40
43.	Generar link por NodeRED. Elaborado por autores.	40
44.	Generar contraseña. Elaborado por autores.	41
45.	Digitar contraseña. Elaborado por autores.	41
46.	Iniciar sesión NodeRED. Elaborado por autores.	42
47.	Apartado Dashboard. Elaborado por autores.	42
48.	Dirección a interfaz. Elaborado por autores.	43
49.	Interfaz de máquina secadora de cacao. Elaborado por autores.	43

50.	Granos en baba. Elaborado por autores.	44
51.	Cacao fermentado. Elaborado por autores.	44
52.	Resultado de granos de cacao seco. Elaborado por autores.	45
53.	Cacao en baba recién salido de la mazorca. Elaborado por autores.	45
54.	Resultado de granos de cacao fermentado. Elaborado por autores.	45
55.	Resultado de granos de cacao seco. Elaborado por autores.	45
56.	Resultado de granos de cacao en baba. Elaborado por autores.	46
57.	Resultado de granos de cacao fermentado. Elaborado por autores.	46
58.	Resultado de granos de cacao seco. Elaborado por autores.	46
59.	Plano Máquina secadora de cacao. Elaborado por autores.	55
60.	Plano de tamizera. Elaborado por autores.	56
61.	Plano de la mesa donde va la tamizera. Elaborado por autores.	57
62.	Simulación de carga en las aspas. Elaborado por autores.	58
63.	Plano olla base. Elaborado por autores.	59
64.	Plano olla superior. Elaborado por autores.	60
65.	Plano platina borde de olla. Elaborado por autores.	61
66.	Plano puerta de olla base. Elaborado por autores.	62
67.	Plano de paletas. Elaborado por autores.	63
68.	Simulación de carga en las aspas. Elaborado por autores.	64
69.	Plano sercha. Elaborado por autores.	65
70.	Plano cajetín. Elaborado por autores.	66
71.	Plano cajetín abierto. Elaborado por autores.	67
72.	Plano eléctrico. Elaborado por autores.	68
73.	Plano conexiones al Plc. Elaborado por autores.	69
74.	Dobladora y roladora. Elaborado por autores.	70
75.	Rolando olla. Elaborado por autores.	70
76.	Olla sin soldar. Elaborado por autores.	71
77.	Platina de la olla. Elaborado por autores.	71
78.	Olla con platina. Elaborado por autores.	72
79.	Puerta de la olla. Elaborado por autores.	72
80.	Montaje de la puerta a la olla. Elaborado por autores.	73
81.	Tamizera sin huecos. Elaborado por autores.	73
82.	Dimensionamiento de los huecos en el tamiz. Elaborado por autores.	74
83.	Huecos marcados en la tamizera. Elaborado por autores.	74
84.	Limada del tamiz. Elaborado por autores.	75
85.	Construcción de la sercha parte a. Elaborado por autores.	75
86.	Construcción de la sercha parte b. Elaborado por autores.	76
87.	Construcción de la sercha parte c. Elaborado por autores.	76
88.	Dimensionamiento patas de la mesa. Elaborado por autores.	77
89.	Construcción de la mesa. Elaborado por autores.	77
90.	Construcción de paletas parte a. Elaborado por autores.	78
91.	Construcción de paletas parte b. Elaborado por autores.	78
92.	Paletas acabadas. Elaborado por autores.	79
93.	Removedores. Elaborado por autores.	79
94.	Dimensionando chumacera parte a. Elaborado por autores.	80
95.	Dimensionando chumacera parte b. Elaborado por autores.	80
96.	Conexiones de motor. Elaborado por autores.	81
97.	Cuadrando motor. Elaborado por autores.	81
98.	Cuadrando soporte de motor. Elaborado por autores.	82
99.	Visual de ejes y paletas y motor. Elaborado por autores.	82

100. Medición de ducto con olla. Elaborado por autores. 83

101. Apertura de agujero en la olla . Elaborado por autores. 83

102. Construcción de ducto. Elaborado por autores. 84

103. Soldadura en uniones de ducto. Elaborado por autores. 84

104. Instalación de blower. Elaborado por autores. 85

105. Transferencia de calor. Elaborado por autores. 85

106. Construcción de cajetín. Elaborado por autores. 86

107. Soldada de cajetín parte a. Elaborado por autores. 86

108. Soldada de cajetín parte b. Elaborado por autores. 87

109. Pintada de cajetín. Elaborado por autores. 87

110. Medición de tablero. Elaborado por autores. 88

111. Fondeada de la maquina. Elaborado por autores. 88

112. Fondeado de las serchas. Elaborado por autores. 89

113. Pintada de serchas. Elaborado por autores. 89

114. Pintada final máquina parte a. Elaborado por autores. 90

115. Pintada final máquina parte b. Elaborado por autores. 90

116. Acometida de Medidor parte a. Elaborado por autores. 91

117. Acometida de Medidor parte b. Elaborado por autores. 91

ÍNDICE DE CUADROS

I.	Diagrama de flujo. Elaborado por autores.	31
II.	Tabla de resultados por peso en gramos. Elaborado por autores.	47
III.	Cronograma de actividades. Elaborado por autores.	48
IV.	Presupuesto total de proyecto. Elaborado por autores.	49
V.	Indicadores con su funcionamiento. Elaborado por autores.	54

I. PROBLEMA

El recinto Puerto Inca forma parte de la parroquia Jesús María, perteneciente a la ciudad de Naranjal, esta localidad conecta al Guayas con tres provincias, las cuales son Cañar, Azuay y la provincia del Oro, teniendo como habitantes a 69.012 personas. Cuenta con 240 hectáreas de cacao [4].

La producción de cacao en Ecuador es de gran importancia económica y cultural. Ecuador es uno de los principales productores de cacao a nivel mundial, especialmente de cacao fino de aroma. La producción de cacao genera empleo e ingresos para los agricultores y sus familias, y el cacao ecuatoriano es reconocido internacionalmente por su calidad y sabor distintivos. Sin embargo, el proceso en su gran mayoría es artesanal con el uso de personal para poder secarlo mediante el sol [26].

Esta parroquia mantiene una temperatura promedio de 24 C°, alta pluviosidad con mayor precipitación en el mes de marzo (357mm de gota) y más seco en agosto (9,7mm), principalmente en estación de invierno, lo que perjudica el secado de las semillas de cacao, incluso llegando a producir una infección de un hongo llamado moniliasis [5], lo cual afecta la producción entre un 80 % lo que representa millones de semillas perdidas por año. Luego que el producto está fermentado, sigue manteniendo un grado de humedad del 40 a 60 % lo cual debe de ser reducido al 7 % para que el almacenamiento y transporte sea seguro.

Una humedad mayor dará como crecimiento moho durante el almacenamiento. El moho produce micotoxinas patógenas (ocratoxina) estas toxinas representan un riesgo para la salud humana. Los países consumidores, están empleando modelos de requisitos rigurosos, para evitar que el producto que consumen se infecte con moho [32].

La desecación es realizada por diferentes procedimientos, entre el más usado esta el secado natural, [24] donde el producto es extendido en lonas sobre la calzada, lo que podría convertirse en un producto anti-sanitario, los roedores, y aves pueden manipular o infectar el producto, como también la falta de espacio físico para secado natural, estos obligan al producto a estar expuesto a la contaminación del medio ambiente como polvo, CO₂, entre otros. Los mayores productores de cacao como Nestlé exigen que el producto sea deshidratado por secadora para mayor salubridad y certificación.

El tiempo del secado natural debe de realizarse de forma lenta y paulatinamente, se conoce como pre-secado que consiste en sacar el producto durante los primeros rayos de sol en un tiempo no más de tres horas, obteniendo el mayor secado posible durante cuatro días consecutivos, es decir todo el proceso cumple siete días [23].

Otro de los inconvenientes es la mano de obra y espacio físico, así como en la etapa de invierno en la cual no se consigue un grado de humedad favorable, afectando la calidad del producto y cese de la producción [10].

Algunas de las desventajas de las máquinas básicas de cacao es el tamaño limitado, porque la mayoría de las máquinas secadoras son relativamente pequeñas, lo que significa que solo se puede secar una cantidad limitada de cacao a la vez. Las máquinas secadoras básicas de cacao pueden requerir una cantidad significativa de energía para funcionar, lo que puede aumentar los costos de producción [18].

II. JUSTIFICACIÓN

El cacao uno de los productos de mayor exportación, lo cual es de mucha importancia para la economía de los ecuatorianos, frente a ello es de gran relevancia la elaboración de este sistema de secadoras de cacao que beneficiará a la localidad, facilitando su comercialización, conservando la calidad del producto, evitando el riesgo de que las mazorcas produzcan hongo por su alta humedad y mala conservación, optimizando su tiempo en secado y generando mayores ingresos a la hacienda sin pérdida alguna en el secado.

La secadora de cacao se mantendrá en un movimiento rotatorio constante, para que todos los granos de cacao se deshidraten, de esta forma se reducirá por completo el riesgo del hongo debido que el cacao viene con un alto porcentaje de humedad cuando se encuentra en su fermentación.

El sistema propuesto de secado será de forma artificial, brindando un secado en menor tiempo donde el objetivo es lograr que los granos de cacao estén en el rango del 7 % para cubrir las exigencias del mercado interno y de exportación, la producción aumentará en beneficio e incluso la comodidad de los trabajadores del sector de Puerto Inca.

La máquina reducirá el tiempo de secado a 24 horas, conservando la calidad del producto sin que pierda su fermentación, además de mejorar el desarrollo de secado de cacao, obteniendo un resultado acorde a los estándares de calidad, gracias al uso de la máquina se puede ahorrar el uso constante de la mano de obra e incluso el espacio físico que en su mayoría muchos lugares no tienen, adicional este sistema será más higiénica ya que no se expondrá en el exterior en donde siempre hay gases dañinos por los vehículos que pasan, entre otros.

La producción aumentará el beneficio para los trabajadores del sector de Puerto Inca, de esta forma cubrir los requerimientos del mercado interno y de exportación. En comparación con otras máquinas, al diseñar la máquina se implementará un PLC con su respectiva comunicación para controlar y monitorear la secadora automática, los sensores ayudan a que el secado sea más eficiente y seguro.

III. OBJETIVOS

III-A. Objetivo general

Desarrollar una secadora de cacao automatizada con capacidad de 500 kg utilizando combustible GLP para transferencia de calor a la semilla del cacao, con la finalidad del incremento en la productividad del proceso.

III-B. Objetivos específicos

- Realizar un estudio del arte de los desarrollos actuales, respecto a las máquinas secadoras de cacao para la identificación de las mejores opciones para el diseño.
- Diseñar la etapa de control para monitoreo remoto de la máquina y la etapa mecánica del sistema para que resista 500 kg de masa de cacao por lote.
- Construir el sistema de secado de cacao para verificación del cumplimiento de especificaciones.
- Desarrollo de manual de usuario para el uso correcto y seguro del operario.

IV. MARCO TEÓRICO

La parroquia Jesús María, dentro su ubicación geográfica dispone de condiciones agroecológicas consolidadas, dinámicas y óptimas de materiales para la productividad de alta variedades de frutos, por lo que el cacao es una buena elección para producir. La producción del mismo crece significativamente a lo largo del tiempo. Mediante una evaluación de la producción del Cacao Ecuatoriano, como se puede apreciar en la Figura 1, en la revista metropolitana de ciencias aplicadas (Análisis de las exportaciones del Cacao Ecuatoriano) “desde el año 2010 y hasta el 2018 la producción del cacao ha aumentado año a año” superando un valor de 60.000 toneladas totalmente comercializadas.



Figura 1. Crecimiento en la producción de granos de cacao en Ecuador [3].

IV-A. Mazorca de cacao de combustible

La mazorca de cacao se compone principalmente de fibra y pulpa. Aunque no es un combustible de uso común, su uso potencial como combustible ha sido estudiado en algunas áreas de cultivo de cacao. A continuación, presentamos diferentes modalidades de sus beneficios y usos de las mazorcas de cacao como combustible.

- **Producción de energía.**
Del fruto del cacao se puede obtener energía en forma de electricidad y calor. La pulpa de la mazorca es rica en azúcar, que se puede fermentar y utilizar para producir biogás. Además, la combustión directa de la mazorca puede generar calor para calentar edificios o generar vapor para producir electricidad.
- **Reducción de residuos y mejoramiento del suelo.**
El uso de la mazorca de cacao como combustible puede reducir la cantidad de residuos generados en las plantaciones de cacao. En lugar de tirarlo, la mazorca se puede utilizar para generar electricidad, lo que reduce la necesidad de descharlo.
- **Emisiones de gases de efecto invernadero.**
Puede ayudar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero al reducir la dependencia de los combustibles fósiles. Además, generar biogás a partir de la pulpa de la mazorca puede evitar la emisión de metano, un gas de efecto invernadero que se produce cuando se descompone la materia orgánica.

Un subproducto de la producción de cacao se compone de la cáscara fibrosa y leñosa que rodea los granos de cacao. La mazorca se ha utilizado tradicionalmente como combustible en algunos países productores de cacao como fuente de energía renovable y económica.

La mazorca de cacao es una buena opción como combustible por varias razones. Primero, es un subproducto de la producción de cacao y, por lo tanto, usarlo como combustible puede ayudar a reducir la ración de residuos generados en el proceso de producción de cacao.

En segundo lugar, la mazorca de cacao es una fuente de energía renovable porque se puede extraer de cualquier cultivo de cacao y no requiere la extracción de recursos fósiles no renovables.

En tercer lugar, la mazorca de cacao tiene un alto contenido de carbono y, por lo tanto, genera una cantidad significativa de energía cuando se quema. Además, su quema produce menos emisiones de gases de efecto invernadero que los combustibles fósiles.

Sin embargo, es importante señalar que el uso de mazorcas de cacao como combustible puede estar sujeto a ciertas restricciones. Primero, puede ser difícil de transportar debido a su volumen y peso. Además, su uso puede estar limitado por consideraciones ambientales, ya que quemar la mazorca de cacao puede liberar contaminantes al aire. Las mazorcas de cacao pueden ser una buena opción como combustible renovable de bajo costo, pero se deben abordar las consideraciones ambientales y logísticas antes de su uso.

IV-B. Secado de frutos

La deshidratación de frutos es un proceso de eliminación del agua presente en la fruta, con el objetivo de aumentar su durabilidad y estabilidad, reducir su peso y volumen, y concentrar su sabor y nutrientes.

Existen diferentes métodos para deshidratar la fruta, entre ellos tenemos:

- **Secado al sol:** Es el método más común y tradicional, consiste en esparcir las semillas de cacao sobre una superficie plana y limpia expuesta al sol durante varios días, removiéndolas de vez en cuando para asegurar una deshidratación uniforme. El secado al sol puede demorar de 5 a 12 días, dependiendo de las condiciones climáticas y la humedad relativa del ambiente.
- **Secado al horno:** Este es un método más controlado y rápido que el secado al sol, consiste en colocar los granos de cacao en un horno a temperatura baja y constante, con una corriente de aire caliente circulando sobre los granos para deshidratarlos. El secado al horno puede demorar de 24 a 48 horas, según el tipo de horno utilizado.
- **Secado con aire caliente:** Este es un método que utiliza el calor de una fuente de energía para deshidratar los granos de cacao. El aire caliente se dirige a los granos de cacao para extraer la humedad y reducir el contenido de agua. Este proceso puede llevarse a cabo en un secador de lecho fluidizado o en un secador de tambor rotatorio.
- **Deshidratación por liofilización:** Este método consiste en congelarlos y luego someterlos a presión negativa lo que permite la sublimación del agua presente en la fruta, sin pasar por el estado líquido. Es un proceso costoso y complejo, pero mantiene casi intactos el sabor, el aroma, la textura y los nutrientes, se utiliza en la producción de alimentos de alta calidad y valor agregado.

Las frutas más comúnmente que pasan por el proceso de deshidratación son: pasas, ciruelas pasas, dátiles, manzanas, plátanos, fresas, cerezas, entre otras. Los frutos secos pueden consumirse directamente o utilizarse como ingredientes en la preparación de postres, panes, galletas, cereales, entre otros productos alimenticios.

Para decidir que método de secado seleccionar se realiza una revisión de algunos factores:

- El tipo de producto a secar.
- Las propiedades finales del producto.
- La sensibilidad del producto a altas temperaturas.
- Posibles pre-tratamientos antes del secado.
- Cuáles son los costos considerables y cuál es el tipo de funcionamiento del equipo.
- Qué tipo de condiciones ambientales se requerirá implementar.

IV-C. Secadoras utilizadas para el secado

Las secadores de convección son equipos utilizados en la deshidratación de alimentos, que utilizan aire caliente para extraer la humedad de los productos a deshidratar. Los secadores de convección se pueden clasificar en dos tipos:

- Secadores tipo flujo cruzado.
- Secadores tipo flujo paralelo.

Los secadores de flujo cruzado, también llamados secadores de bandeja, consisten en una serie de bandejas perforadas apiladas verticalmente. Los productos a deshidratar se colocan en las bandejas y el aire caliente circula

a través de las bandejas en un patrón de flujo cruzado, lo que permite una deshidratación uniforme y controlada. Los secadores de bandejas son adecuados para productos de tamaño y forma uniforme, como frutas y verduras. Los secadores de flujo paralelo, también llamados secadores de lecho fijo, utilizan una cámara cilíndrica o rectangular con entrada y salida de aire y un lecho de producto a deshidratar. El aire caliente ingresa a la cámara a través de un ventilador y se mueve en un patrón de flujo paralelo a través del lecho del producto, extrayendo la humedad del producto a medida que pasa. Los secadores de lecho fijo son adecuados para productos de formas y tamaños irregulares, como granos de café y frutos secos.

Los secadores de convección pueden ser de diferentes tamaños y capacidades dependiendo de la cantidad de producto a deshidratar y el tipo de aplicación, algunas características importantes a tener en cuenta al seleccionar un secador de convección son la velocidad del aire, la temperatura del aire, la humedad relativa y la presión de funcionamiento.

Además, las tecnologías avanzadas de secado por convección, como el control de la humedad del aire, la recirculación de aire caliente y la recuperación de energía térmica se pueden perfeccionar la eficiencia y disminuir el consumo de energía en el proceso de deshidratación.

IV-C1. Secador de cacao forma rotativo en vertical

El secador rotatorio vertical es un tipo de secador de convección utilizado en la deshidratación de alimentos, productos químicos, minerales y otros materiales a granel. Esta secadora cuenta con un tambor vertical giratorio que permite que el flujo de aire caliente salga mediante los materiales que se están secando.

El tambor vertical tiene un diámetro que puede variar entre 1 y 6 metros, y una longitud que puede ser varias veces su diámetro. En el interior, el tambor está equipado con diferentes tipos de paletas o aletas que permiten mezclar y mover los materiales durante el proceso de secado.

El secador rotativo vertical funciona introduciendo aire caliente a través de un quemador en el fondo del tambor. El aire caliente circula hacia arriba a través de los materiales de secado, eliminando el agua y reduciendo el contenido de humedad. El aire caliente y húmedo se expulsa mediante un ventilador y un ciclón, y el material seco se expulsa por la parte inferior del tambor.

El secador rotativo vertical se utiliza en la industria alimentaria para secar alimentos como frutas, verduras, granos, nueces, hierbas y especias. También se utiliza en la industria química para secar productos químicos y en la industria minera para secar minerales como el carbón y el hierro.

Este tipo de secadora tiene varias ventajas, incluida la capacidad de manejar grandes volúmenes de materiales a granel, la eficiencia energética, la capacidad de controlar el tiempo y la temperatura de secado y la facilidad de mantenimiento y limpieza.



Figura 2. Secador rotativo vertical [1].

IV-C2. Secador de cacao forma rotativo en horizontal

El secador rotatorio horizontal es un tipo de secador de convección utilizado en la deshidratación de alimentos, productos químicos, minerales y otros materiales a granel. Este secador se caracteriza por un tambor horizontal que gira sobre un eje longitudinal.

El tambor tiene forma cilíndrica y está dividido en secciones. Estas secciones pueden equiparse con distintos tipos de paletas, aletas o elementos elevadores que permitan el movimiento y mezclado de los materiales a secar.

El secador rotativo horizontal funciona introduciendo aire caliente a través de un quemador en la parte delantera del tambor. El aire caliente circula a través de los materiales de secado, eliminando el agua y reduciendo el contenido de humedad. El aire caliente y húmedo es expulsado por un ventilador y un ciclón, y el material seco se descarga en la parte trasera del tambor.

El secador rotativo horizontal se utiliza en la industria alimentaria para secar alimentos como granos, cereales, frutas, verduras, carne, pescado y productos lácteos. También se utiliza en la industria química para secar productos químicos y en la industria minera para secar minerales como yeso y arena.

Este tipo de secadora tiene varias ventajas, incluida la capacidad de manejar grandes volúmenes de materiales a granel, la eficiencia energética, la capacidad de controlar el tiempo y la temperatura de secado y la facilidad de mantenimiento y limpieza. Además, el secador rotativo horizontal es adecuado para materiales de diferentes formas y tamaños, ya que los elementos de elevación permiten el movimiento y la mezcla de materiales mediante el transcurso de secado.



Figura 3. Secador de cacao forma rotativo en horizontal [31].

IV-C3. Secado mediante bandeja de flujo en paralelo

Un secador de Bandejas de flujo paralelo es un tipo de equipo utilizado en la industria para secar sólidos. Como su nombre indica, este tipo de secador utiliza bandejas que se colocan en paralelo a través de las cuales fluye un gas caliente para secar los sólidos.

El proceso de secado comienza con la carga de los sólidos en las bandejas del secador. Luego, el gas caliente se inyecta a través del ingreso de aire en la parte inferior de la secadora, creando un flujo paralelo a través de las bandejas y hacia la salida de aire en la parte superior de la secadora. Este gas cálido fluye a través de los sólidos en las bandejas y los seca cuando el gas caliente entra en contacto con ellos.

Además, es una opción popular porque es fácil de usar y de bajo mantenimiento.



Figura 4. Secador tipo bandeja de flujo en paralelo [17].

IV-C4. Secador mediante bandeja forma de túnel

Un secador de bandejas tipo túnel es un tipo de equipo utilizado en la industria para secar sólidos en grandes volúmenes. Este tipo de secador utiliza una serie de bandejas colocadas en un túnel calentado con aire caliente para secar los sólidos.

El proceso de secado comienza con la carga de sólidos en bandejas de secado, las cuales se colocan sobre carros que se desplazan por el túnel. El aire caliente se inyecta en el fondo del túnel y circula a través de las bandejas, secando los sólidos con el aire caliente. A medida que los vagones avanzan por el túnel, los sólidos se van secando más y más, hasta que llegan al final del túnel y están completamente secos.

Es una opción popular para secar grandes volúmenes de material porque permite un proceso continuo y eficiente. Además, se puede configurar para permitir la recirculación de aire caliente para un proceso más eficiente y un menor consumo de energía.



Figura 5. Secador de bandeja tipo túnel [7].

IV-C5. Secador mediante lecho fluido

Este tipo de secador se usa comúnmente en la industria química y farmacéutica para secar productos granulares y en polvo.

El proceso de secado en un secador de lecho fluido comienza con la carga de sólidos en una cámara de secado equipada con un lecho poroso. El gas caliente se inyecta a través del lecho de poros, haciéndolo fluido y creando una acción de mezcla que ayuda a secar los sólidos cuando el gas caliente entra en contacto con ellos. El gas caliente también se puede reciclar para aumentar la eficiencia del proceso de secado y reducir los costos de energía. Es una opción popular porque permite un secado rápido y uniforme, con la capacidad de verificar con exactitud la temperatura y el tiempo de secado, gracias a su diseño los sólidos se pueden secar sin que se dañen o desintegren, lo cual es importante para los materiales sensibles al calor.



Figura 6. Secador mediante lecho fluido [15].

IV-C6. Secador mediante lecho fijo

Un secador de lecho fijo, es un equipo que se utiliza para el secado de materiales sólidos, en el que el material a secar se coloca en un lecho fijo y por él pasa un flujo de aire caliente. El aire caliente fluye a través de la cama a través de conductos u orificios situados en la parte inferior de la unidad y que sobresale por la parte superior. Durante este proceso el aire cálido absorbe la humedad del material y la evapora, reduciendo la humedad del material al nivel deseado. Los secadores de lecho fijo se utilizan comúnmente en procesos de secado de alimentos, productos químicos, productos farmacéuticos y otros sólidos. Su estructura simple y bajo costo los hacen atractivos para muchos procesos de secado.

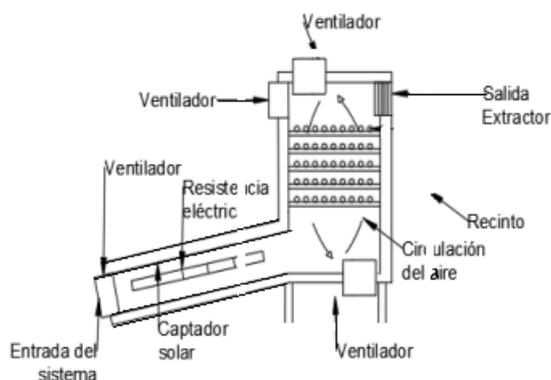


Figura 7. Diseño de secador mediante lecho fijo [2].

IV-C7. Secador mediante bomba de calor

Un secador con bomba de calor es un tipo de equipo utilizado en la industria para secar sólidos. Este tipo de secador utiliza una bomba de calor para generar aire caliente que se utiliza para secar los materiales.

El proceso de secado en un secador con bomba de calor comienza con la carga de sólidos en una cámara de secado. A continuación, el aire caliente generado por la bomba de calor se inyecta en la cámara, secando los sólidos cuando el aire caliente entra en contacto con ellos. La bomba de calor recircula y regenera el aire caliente, aumentando la eficiencia del proceso de secado y reduciendo los costes energéticos.

Es una opción popular porque permite un secado rápido y eficiente con la capacidad de controlar con precisión la temperatura y el tiempo de secado. Además al utilizar una fuente de energía renovable, como la electricidad, la bomba de calor tiene un bajo impacto en el medio ambiente y es una opción más sostenible que otro tipo de secadoras.

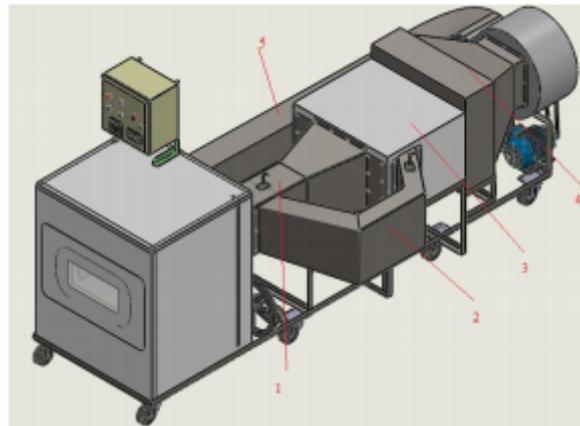


Figura 8. Secador de bomba de calor [33].

IV-C8. Secador mediante salón de secado

Un salón de secado se refiere a un espacio en una planta de fabricación o procesamiento donde se secan productos o materiales. Estas salas de secado se pueden diseñar para secar una variedad de materiales, como alimentos, productos químicos, pinturas, textiles y materiales agrícolas.

En la industria alimenticia, por ejemplo, las salas de secado se utilizan para secar frutas, verduras, cereales, carne y otros productos para su conservación y almacenamiento. Las salas de secado en la industria química pueden secar productos químicos en forma de polvo o gránulos para su posterior procesamiento o envasado.

En estas aplicaciones, las salas de secado se pueden equipar con equipos especializados, como secadores de aire caliente, secadores de vacío, secadores de bandejas y otros equipos de secado para lograr un secado rápido y uniforme. También pueden tener sistemas de control de temperatura y humedad para asegurar que el proceso de secado se realice de manera eficiente.

En resumen, los secaderos en la industria son espacios especializados para secar una variedad de materiales y son esenciales para asegurar la calidad y durabilidad de los productos fabricados.



Figura 9. Secador mediante salón de secado [12].

IV-C9. Secador solar

Un secador solar es un sistema que utiliza la radiación del sol para secar productos o materiales como frutas, verduras, granos, ropa y otros productos que necesitan secarse para su almacenamiento o uso posterior. Este tipo de secado es una alternativa más sostenible y económica a los secadores convencionales que utilizan combustibles fósiles o electricidad.

Los secadores solares funcionan capturando la energía solar a través de paneles solares o dispositivos de recuperación de calor, que calientan el aire que se usa para secar los productos. Los secadores solares pueden ser de diferentes tipos, como secadores de bandeja, secadores de túnel o secadores de lecho fluidizado.

Una ventaja importante del secador solar es que no emite gases de efecto invernadero y no produce residuos tóxicos lo que lo hace más ecológico y sostenible que los secadores convencionales. Además, el secado solar puede ser una opción viable en regiones con alta radiación solar y en áreas rurales que no tienen acceso a la electricidad.

A pesar de sus ventajas, los secadores solares pueden requerir un tiempo de secado más prolongado que los secadores convencionales, y su eficacia puede verse afectada por condiciones climáticas como la humedad y la nubosidad. Sin embargo, en situaciones donde se requiere un secado de baja intensidad y el tiempo no es crítico, el secador solar puede ser una opción eficiente y sustentable.



Figura 10. Secador solar [14].

En la figura 10 se muestra el tipo usado en forma de tienda, que se usa para secar semillas de cacao y café.

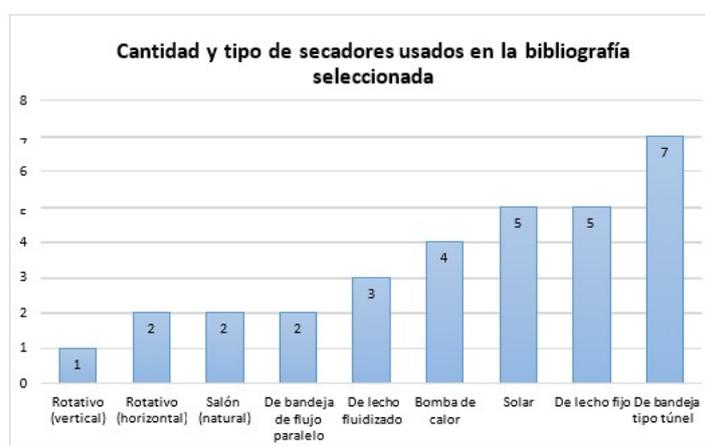


Figura 11. Clasificaciones de secadores utilizadas [1].

Teniendo en cuenta toda la información recopilada, dar una idea de las ventajas y desventajas, el rendimiento y los tipos de materiales que un determinado secador puede procesar, así como la regularidad con la que aparecen en diferentes análisis y principalmente el buscar el producto terminado con excelente calidad y propiedades.

Se optó por el diseño de un secador rotativo vertical, cuyas ventajas son el fácil control de los parámetros de secado, bajo requerimiento de mano de obra, tiempos de secado cortos manteniendo la calidad del producto, permite procesar grandes cantidades de producto.

IV-D. Principios de la automatización

La automatización de máquinas o procesos implica el encendido de un equipo tecnológico que controla por completo su funcionamiento. Un sistema se crea utilizando un dispositivo, a menudo llamado automatización

[19], que puede reaccionar ante situaciones nuevas, realizando la función de control para la que fue diseñado. La información que utiliza el controlador se recoge con un conjunto de elementos llamados sensores y es el resultado de los cambios que se producen en el estado de la máquina o proceso como consecuencia de su funcionamiento. Así mismo, el controlador genera comandos que son enviados a la máquina a través de actuadores, traduciendo estos comandos en cantidades o cambios físicos en el sistema, aportando energía.

IV-E. Motores

Son dispositivos electromecánicos que transforman la energía eléctrica en energía mecánica, para realizar un trabajo útil. Los motores se usan en múltiples aplicaciones, que van desde electrodomésticos, herramientas eléctricas, maquinaria industrial y sistemas de transporte. Los motores funcionan según el principio de la interrelación con un campo magnético y el campo eléctrico, que genera una fuerza electromotriz lo cual trabaja girando un rotor y produce movimiento mecánico.

Existen varios tipos de artefacto como motores de corriente continua (DC), motores de corriente alterna (AC), motores de inducción, motores síncronos y motores de imán permanente entre otros. Cada tipo de motor tiene características específicas y se utiliza en diferentes aplicaciones según sus ventajas y limitaciones.

IV-F. Variador

La elección del variador adecuado para una aplicación específica depende de varios factores [29], incluyendo el tipo de motor utilizado, el rango de velocidad requerido, la carga del sistema y las condiciones ambientales de la aplicación. A continuación, se presentan algunas consideraciones generales que se deben tener en cuenta al elegir un variador: Tipo de motor, es importante asegurarse de que el variador sea compatible con el tipo de motor utilizado. Rango de velocidad, el rango de velocidad requerido para la aplicación es otro factor importante a considerar al elegir un variador. Carga del sistema, es importante elegir un variador que pueda manejar la carga del sistema. Condiciones ambientales, si la aplicación se encuentra en un ambiente húmedo o polvoriento, es importante elegir una clasificación adecuada para resistir estas condiciones. Comunicación y control, algunos variadores pueden tener capacidades de comunicación y control avanzadas que pueden ser importantes para ciertas aplicaciones.

En resumen, elegir el variador adecuado depende de la aplicación específica. Se recomienda trabajar con un proveedor confiable de variadores para determinar el variador adecuado para sus necesidades específicas. También es importante seguir las recomendaciones del fabricante del motor para garantizar la compatibilidad adecuada [30].

IV-G. Caja reductora

La elección de la caja reductora adecuada para una aplicación específica depende de varios factores, incluyendo el torque requerido, la velocidad de entrada y salida, la relación de transmisión y las condiciones ambientales de la aplicación. A continuación, se presentan algunas consideraciones generales: Torque requerido, es importante elegir una caja reductora que pueda manejar el torque requerido para la aplicación. Relación de transmisión, es importante para determinar la relación entre la velocidad de entrada y la velocidad de salida. Condiciones ambientales, si la aplicación se encuentra en un ambiente húmedo o polvoriento, se elige una clasificación adecuada para resistir estas condiciones. Eficiencia, la eficiencia de la caja reductora es importante ya que una mayor eficiencia puede ayudar a reducir las pérdidas de energía.

Al elegir la caja reductora adecuada depende de la aplicación específica. Se recomienda trabajar con un proveedor confiable de cajas reductoras para determinar la caja reductora adecuada para sus necesidades específicas. También es importante seguir las recomendaciones del fabricante de la maquinaria para garantizar la compatibilidad adecuada [28].

IV-H. Programa Tia Portal

El programa TIA Portal es un software de programación utilizado para programar y configurar los controladores SIMATIC de Siemens, incluyendo PLCs, HMI (Interfaces hombre-máquina) y otros dispositivos relacionados. El TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) es una plataforma de software integrada que permite la programación, configuración y diagnóstico de todos los dispositivos de automatización de Siemens. Con un interfaz gráfica de usuario intuitiva y fácil de usar, soporte para varios idiomas, integración con otros sistemas de ingeniería, como el SIMATIC STEP 7, WinCC, StartDrive, Safety, entre otros; biblioteca de objetos reutilizables y plantillas de

proyectos para acelerar el desarrollo de aplicaciones, funciones de diagnóstico avanzadas para solucionar problemas de forma rápida y eficiente, funciones de simulación para verificar el funcionamiento del programa antes de su implementación, soporte para la comunicación con otros dispositivos y sistemas, como bases de datos, SCADA, MES, entre otros. El TIA Portal es compatible con varios sistemas operativos, como Windows 7, Windows 10 y Windows Server 2012/2016. Es importante seguir las recomendaciones del fabricante para la instalación y uso adecuado del software.

IV-I. Tipo de programación en PLC

La programación de un Controlador Lógico Programable (PLC) se realiza mediante un software de programación específico que se utiliza para crear el programa de control que se cargará en el PLC. La programación del PLC implica la creación de un conjunto de instrucciones lógicas que se utilizan para controlar el proceso o la maquinaria en cuestión [9].

Se presentan algunos pasos generales a seguir para programar un PLC: Configuración del hardware, antes de comenzar a programar el PLC, es importante configurar el hardware, incluyendo la conexión de las entradas y salidas y la configuración de la comunicación del PLC. Creación del programa, el siguiente paso es crear el programa de control utilizando el software de programación del PLC. El programa de control se crea utilizando lenguajes de programación específicos, como Ladder, Function Block, o Structured Text. Asignación de entradas y salidas, después de crear el programa, es necesario asignar las entradas y salidas correspondientes a las instrucciones lógicas del programa. Esto se hace para que el PLC pueda recibir información de las entradas y tomar decisiones lógicas que se traduzcan en salidas específicas. Verificación del programa, una vez que se ha creado el programa y se han asignado las entradas y salidas, es importante verificar el programa para asegurarse de que funcione correctamente. Se puede hacer esto mediante la simulación del programa en el software de programación del PLC antes de cargar el programa en el PLC. Carga del programa en el PLC, una vez que se ha verificado el programa, se puede cargar el programa en el PLC. Esto se hace a través de una conexión de programación que se establece entre el software de programación y el PLC. Pruebas, después de cargar el programa en el PLC, es importante realizar pruebas en vivo para asegurarse de que el PLC esté funcionando correctamente y que el programa esté realizando las operaciones deseadas. La programación implica la creación de un programa de control lógico que se carga en el PLC y se utiliza para controlar el proceso o la maquinaria en cuestión. Es importante seguir un enfoque estructurado y verificar el programa antes de cargarlo en el PLC y realizar pruebas en vivo para asegurarse de que el programa esté funcionando correctamente.

IV-J. Definición de sensor de temperatura

El sensor de temperatura adecuado para una aplicación específica depende de varios factores, incluyendo el rango de temperatura requerido, la precisión necesaria, el entorno de la aplicación y el tipo de salida deseada. A continuación, se presentan algunas consideraciones generales que se deben tener en cuenta al elegir un sensor de temperatura como el rango de temperatura de la aplicación es uno de los factores más importantes a considerar al elegir un sensor de temperatura. Es importante elegir un sensor que pueda medir con precisión el rango de temperatura requerido para la aplicación. La precisión del sensor es otro factor importante a considerar por que es importante elegir un sensor con una precisión adecuada para la aplicación, la precisión se puede definir como la capacidad del sensor para medir con exactitud la temperatura real de la muestra. Los sensores más precisos son generalmente más costosos, es considerable el entorno de la aplicación ya que también es importante al elegir un sensor de temperatura. Algunos sensores pueden ser más adecuados para entornos de alta temperatura, mientras que otros pueden ser más adecuados para entornos de baja temperatura. El tipo de salida deseada también es importante al elegir un sensor de temperatura. Algunos sensores proporcionan una salida analógica, mientras que otros pueden proporcionar una salida digital. Es importante elegir un sensor con una salida adecuada para el sistema de control o adquisición de datos de la aplicación. La compatibilidad química se utilizará en un ambiente químico, es importante asegurarse de que sea compatible con los materiales que se encontrarán en la aplicación y para finalizar el tiempo de respuesta del sensor por que es de gran importancia en aplicaciones donde se necesita una medición de temperatura precisa y rápida [20].

V. METODOLOGÍA

V-A. Dimensiones necesarias para la máquina.

Las dimensiones necesarias son dependientes de múltiples divisores, incluyendo la cantidad de cacao que se desea secar y el espacio disponible para la máquina. Se presentan algunas consideraciones generales que se deben tener en cuenta como la capacidad de producción, que es importante determinar la cantidad de cacao que se desea secar por lote y la cantidad de lotes que se desean secar por día. Esto permitirá determinar el tamaño adecuado de la máquina para poder manejar la cantidad de cacao requerida.

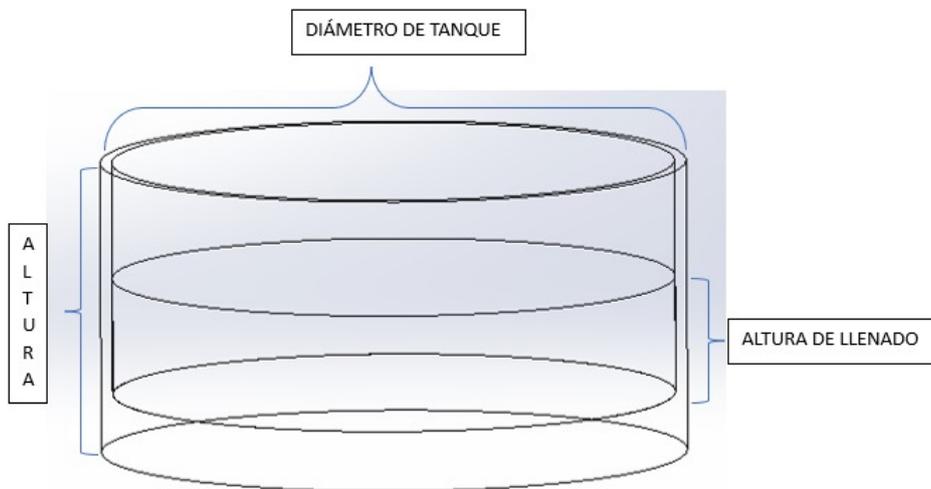


Figura 12. Llenado de tanque. Elaborado por autores.

Fórmula para dimensionamiento de contenedor:

$$m = 500 \text{ kg}$$

$$\rho_{cacao} = 775 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (1)$$

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2)$$

$$V = \frac{500 \text{ kg}}{775 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,65 \text{ m}^3 \quad (3)$$

Donde:

- ρ_{cacao} : Es la densidad del cacao fermentado
- P: Peso
- m: Masa
- V: Volumen

Fórmula para dimensionamiento de contenedor:

$$V = A \times H \quad (4)$$

$$A = \pi r^2 \quad (5)$$

$$V = \pi r^2 \times H \quad (6)$$

$$H = \frac{V}{\pi r^2} \quad (7)$$

Donde:

- $V = 0,65m^3$
- $r = 1$ metro (solicitado por el usuario)

$$H = \frac{0,65m^3}{\pi(1)^2} = 0,21m \quad (8)$$

Donde:

- A: Área
- H: Altura
- r: Radio
- V: Volumen

Las dimensiones del contenedor reemplazando son:

$$Altura_{Llenado} = 0,21m \quad (9)$$

$$Altura = 1,20m \quad (10)$$

$$Diametro_{int} = 2m \quad (11)$$

El diámetro del contenedor es de 2 metros

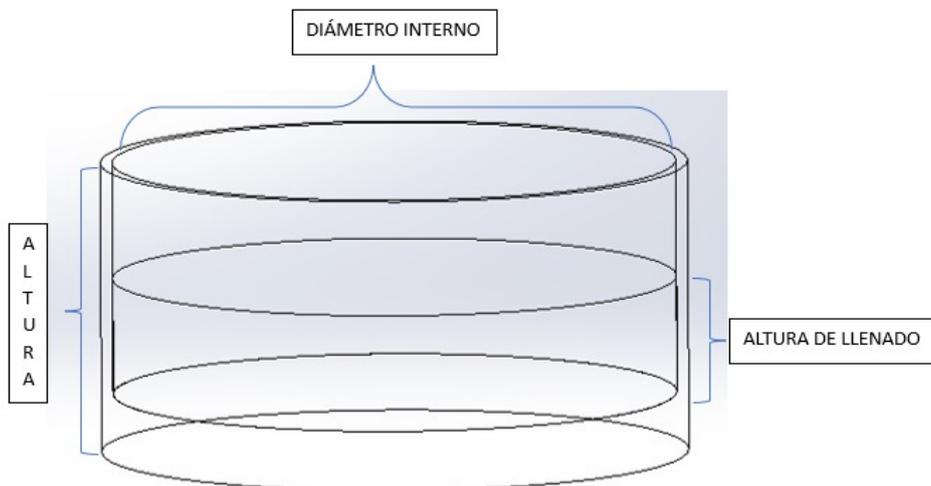


Figura 13. Altura de llenado. Elaborado por autores.

Se determina el espacio disponible para la máquina que es un factor importante a considerar al determinar las dimensiones necesarias. Muy importante observar el espacio disponible, así como cualquier restricción de altura o ancho, adicional se debe considerar el tipo de secado que también puede afectar las dimensiones necesarias de la máquina. Por ejemplo, si se utiliza un sistema de secado por aire caliente, se requerirá espacio adicional para los elementos de calentamiento y el sistema de ventilación. Los componentes adicionales es importante tenerlos en cuenta lo que se pueda requerir para la máquina, como los sistemas de control y las cintas transportadoras. Estos componentes pueden afectar las dimensiones generales de la máquina.

Es muy común que las dimensiones de una máquina secadora de cacao pueden variar ampliamente dependiendo de las necesidades específicas de cada usuario. Por lo que se recomienda dimensionar primero realizando el diseño previo a la construcción.

Ya que se trabajará con altas temperaturas entre 48°C a 58°C se deberá de poner un recubrimiento para proteger la exposición de calor hacia la persona, según la norma ISO 45001. Al aplicar un recubrimiento adecuado, se minimizará el riesgo como la exposición a temperaturas extremas lo que contribuye a un ambiente de trabajo más seguro [13].

V-B. Diseño Mecánico.

V-B1. Cálculo de potencia de paletas.

Vamos a calcular la fuerza que deben ejercer las paletas al momento de girar en la olla. Primero se sacan datos importantes para determinar la fuerza aplicada, considerando que la máquina va a remover 750kg de cacao fermentado. Para lo cual se considera la mitad de este valor por efecto de diseño de la máquina ya que el producto en su estado más crítico se comporta similar a un fluido [16], con un factor de seguridad del 10 %

$$m_a = m \times FS \quad (12)$$

$$m_a = 750 \times 1,1 = 825kg \quad (13)$$

Donde:

- m_a : Masa aplicada
- m : Masa
- FS : Factor de seguridad

La fuerza ejercida que se aplicara en las paletas se consigue con la siguiente formula:

$$F = m \times g \quad (14)$$

$$F = 825kg \times 9,8 \frac{m}{s^2} = 8085[N] \approx 8100[N] \quad (15)$$

Donde:

- F : Fuerza
- m : masa
- g : Gravedad

Para obtener la potencia mecánica debemos obtener datos previos para ello, se define la velocidad angular, en donde primero se halla el perímetro de la olla y la velocidad con la que las paletas recorrerán todo el diámetro de la máquina. Por lo cuál la paleta debe recorrer una revolución en un tiempo de 30seg.

$$p = 2 \times \pi \times r \quad (16)$$

$$p = 2 \times \pi \times 1 = 6,2832[m] \quad (17)$$

$$v = \frac{d}{t} \quad (18)$$

$$v = \frac{6,2832m}{30s} = 0,20944\left[\frac{m}{s}\right] \approx 0,21\left[\frac{m}{s}\right] \quad (19)$$

$$w = \frac{v}{r} \quad (20)$$

$$w = \frac{0,21}{1} = 0,21\left[\frac{rad}{s}\right] \quad (21)$$

$$P = \sum T \times w \quad (22)$$

$$P = 8100\frac{N}{m} \times 0,21\frac{rad}{s} = 1701[W] \quad (23)$$

Donde:

- p: Perímetro
- r: Radio
- d: Distancia
- t: Tiempo
- w: Velocidad angular
- P: Potencia mecánica

V-B2. Motorreductor

Se elige un motorreductor trifásico Siemens que cuenta con una potencia de 3 HP y una velocidad nominal de 1735 RPM. Algunas de las características técnicas son, potencia de 3 HP, velocidad de 1735 RPM, relación de la caja de 30:1, voltaje: 220VDD/380VYY/440VD (Trifásico), corriente nominal: 3.2/1.86/1.61 A, frecuencia de 60 Hz, factor de servicio de 1.15, tipo de montaje IM B3, Protección IP55, eficiencia energética IE3. Se debe ser riguroso con el mantenimiento regular, revisando el nivel de aceite/lubricante en el reductor. Este será utilizado para removedor de material, con ayuda de su reductor, se tendrá el torque necesario para remover.

V-B3. Acero inoxidable 304

Este tipo de acero inoxidable se caracteriza por tener una alta resistencia a la corrosión y una buena capacidad de conformación, soldadura y resistencia a la corrosión. Cuenta con buenas propiedades mecánicas, tiene una alta resistencia a la tracción y una buena ductilidad, lo que significa que puede soportar tensiones y deformaciones sin fracturarse, también puede soportar temperaturas de hasta 920°C.

Al tomar este tipo de material para la construcción de la máquina, nos proporcionara una alta resistencia corrosiva por estar en un ambiente muy húmedo, mantendrá el producto lo mas higiénico posible ya que es fácil de limpiar y mantener, lo que es crucial en entornos donde la higiene es primordial. Para realizar la fórmula del espesor del tanque, se utilizó la fórmula de Cueva y Saquina [27].

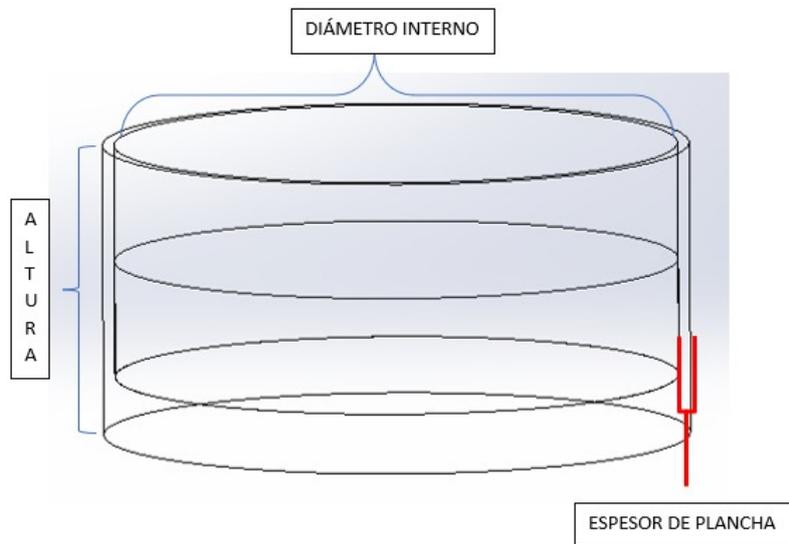


Figura 14. Espesor de tanque. Elaborado por autores.

Diámetro del tanque: 2 metros transformando a pulgada = 78.74 in
 Temperatura en el que trabaja: 68°C transformando a fahrenheit = 140°F
 Patm abs = Presión atmosférica absoluta: 114971 Pa = 16.68 psi en puerto inca
 h = Altura sin la base
 y = Altura de llenado entre p1 y p2



Figura 15. Espesor de plancha. Elaborado por autores.

Fórmula para espesor de plancha:

$$h = 0,62m = 24,41in \quad (24)$$

$$y = 0,775 \quad (25)$$

$$\rho_{cacao} = 775 \frac{kg}{m^3} = 0,028 \frac{lb}{in^3} \quad (26)$$

Con la masa de cacao en baba transformando queda

$$750kg = 1653,47lb \quad (27)$$

Se transforma la gravedad a pulgada / s²

$$g = 9,8 \frac{m}{s^2} = 385,83 \frac{in}{s^2} \quad (28)$$

El acero AISI 304 que tiene un esfuerzo admisible de:

$$s = 45ksi \quad (29)$$

Teniendo todos los datos iniciales, se reemplaza en la formula

$$P = \frac{F}{A} \quad (30)$$

$$P = \frac{m}{\frac{\pi di^2}{4}} = \frac{1653,47}{\frac{\pi(78,74)^2}{4}} = 131,03psi \quad (31)$$

Valor de eficiencia.

$$t = \frac{PR}{SE - 0,6P} \quad (32)$$

$$t = \frac{131,03(39,37)}{45000(1) - 0,6(131,03)} = 0,12in = 3,05mm \quad (33)$$

El espesor que se usará en la plancha es de 3mm

Donde:

- t: Es el espesor
- P: Presión interna
- R: Radio del tanque
- S: Esfuerzo admisible
- E: Eficiencia de la junta
- di: Diámetro de la olla
- ksi: Es una medida de la resistencia a la tracción del acero. La resistencia a la tracción es la cantidad de tensión que puede sufrir un material antes de romperse [25].

V-B4. *Transferencia de calor*

Potencia requerida para calentar los granos de cacao.

$$P_{ch} = \frac{m \times Cp \times (t2 - t1) \times Fs}{860 \times T} \quad (34)$$

Donde:

- Pch: Potencia de calentamiento (Kw).
- m: Peso del cacao (500kg).
- Cp: Calor específico del cacao. ($\frac{Kcal}{Kg \times ^\circ C}$).
- t1: Temperatura inicial (25°C).
- t2: Temperatura requerida (58°C).
- T: Tiempo de calentamiento (6h).
- Fs: Coeficiente de seguridad (1,2)

$$Cp_c = Cp_0 + \frac{Cp_1 - Cp_0}{bh_1 - bh_0} * (bh - bh_0)$$

Donde:

Cp_0 = Calor específico del cacao con una humedad del 4.3%

Cp_1 = Calor específico del cacao con una humedad del 13%

bh = Humedad del cacao al 7%

bh_0 = Humedad del cacao al 4.3%

bh_1 = Humedad del cacao al 13%

Remplazando los valores de se obtiene que el calor específico del cacao es:

$$Cp_c = 1685.6057 \frac{J}{Kg * K}$$

Figura 16. Calor específico del cacao [11].

Transformando Joule sobre kilogramo por kelvin

$$Cp = 1685,6057 \frac{J}{Kg \times K} \quad (35)$$

a Kilocaloria sobre kilogramo por grados celcius es:

$$Cp = 0,4026 \frac{Kcal}{Kg \times ^\circ C} \quad (36)$$

$$P_{ch} = \frac{500kg \times 0,4026 \frac{Kcal}{Kg \times ^\circ C} \times (58 - 25)^\circ C \times 1,2}{860 \times 6h} \quad (37)$$

$$P_{ch} = \frac{7971,48}{5160} = 1,55KW \quad (38)$$

Área superficial de intercambio de la olla

$$S = \left(\pi \times \frac{d^2}{4}\right) + (\pi \times d \times h) \quad (39)$$

Donde

- d: Diámetro de la olla (2 metros).
- h: Altura de la olla (0.6 metros).

Entonces:

$$S = \left(\pi \times \frac{(2m)^2}{4}\right) + (\pi \times 2m \times 0,6m) \quad (40)$$

$$S = (3,14) + (3,77) = 6,91m^2 \quad (41)$$

Potencia requerida para compensar las pérdidas térmicas

$$P_{th} = \frac{S \times (t_2 - t_a) \times K \times 1,2}{860} \quad (42)$$

Donde

- P_{th}: Pérdida térmica (kW).
- S: Área superficial de intercambio en el ducto (6.91m²).
- t_a: Temperatura ambiental (25°C).
- K = Coeficiente de intercambio ($\frac{Kcal}{h} \times m^2 \times ^\circ C$).

Localización del tanque	Espesor de aislamiento (mm)			
	Sin	25	50	100
Tanque en interior	9	1,7	1	0,55
Tanque en exterior - Viento ≤ 10 km/h	12	2,1	1,1	0,59
Tanque en exterior - Viento ≤ 45 km/h	30	2,3	1,2	0,61
Tanque en exterior - Viento ≤ 90 km/h	49	2,4	1,3	0,62

Figura 17. Tabla de coeficiente k [8].

Se reemplaza valores y da

$$P_{th} = \frac{6,91m^2 \times (58 - 25) \times (9 \frac{Kcal}{h} \times m^2 \times ^\circ C) \times 1,2}{860} \quad (43)$$

$$P_{th} = \frac{2462,724}{860} = 2,86KW \quad (44)$$

La potencia térmica necesaria es la $\sum P_{ch} + P_{th}$

$$P_{rt} = P_{ch} + P_{th} \quad (45)$$

$$P_{rt} = 1,55 + 2,86 = 4,41KW \quad (46)$$

A continuación se realizará el análisis de la psicrometría del proceso, con el propósito de determinar la potencia adicional necesaria para evaporar la humedad del cacao, a través de una corriente de aire pre-calentado. Esto además permitirá determinar el caudal necesario de aire.

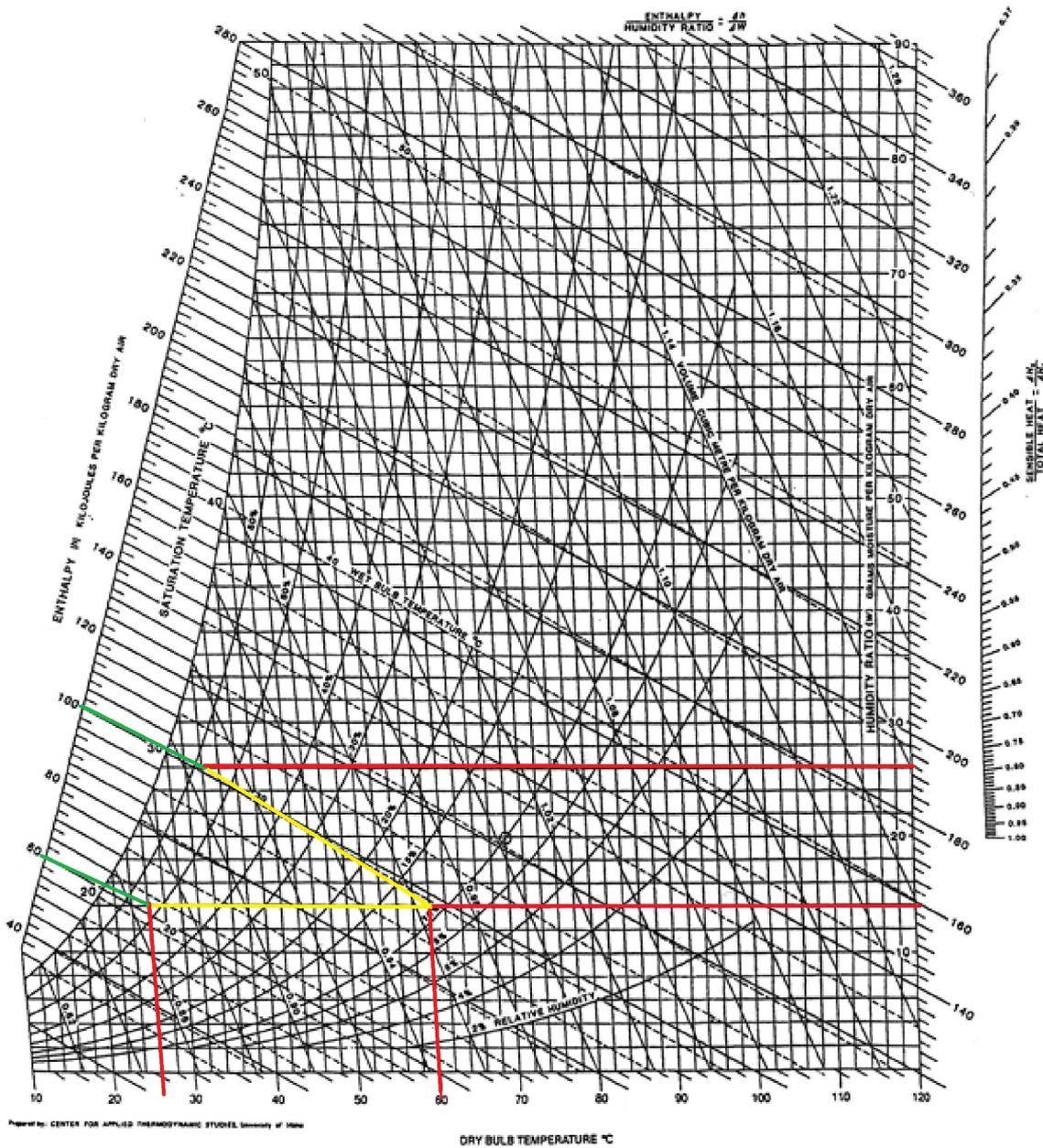
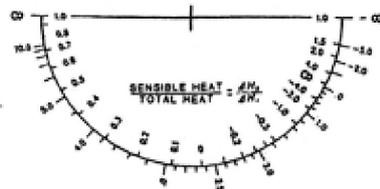


Figura 18. Diagrama psicrométrico [6].

Para dimensionar el caudal del blower se debe tener las condiciones del Cacao, el aire de entrada y el aire de salida. Primero se sacan los datos iniciales que son:

- Cantidad: $\frac{500Kg}{6h} = 83,33 \frac{Kg}{h}$
- Contenido de Humedad Inicial: 85 %
- Contenido de Humedad Final: 7 %

Cantidad de Agua a Evaporar:

$$C_{Agua_{Evp}} = C_{HumI} - C_{HumF} \quad (47)$$

$$C_{Agua_{Evp}} = 83,33kg \frac{H2O}{h} \times (85\% - 7\%) = 65,1kg \frac{H2O}{h} \quad (48)$$

Condiciones del aire de entrada

- Temperatura: 26 °C
- Humedad Relativa: 90 %

Con los datos del gráfico nos dan estos datos:

- Contenido de Humedad: 0,017 kg $\frac{H2O}{kg}$ aire seco
- Entalpía: 70 $\frac{Kj}{kg}$ aire seco
- Volumen Específico: 0,87 $\frac{m^3}{kg}$ aire seco

Condiciones del aire dentro del secador

- Temperatura: 60 °C
- Humedad Relativa: 5 %

Con los datos del gráfico nos dan estos datos:

- Contenido de Humedad: 0,026 kg $\frac{H2O}{kg}$ aire seco
- Entalpía: 100 $\frac{Kj}{kg}$ aire seco

Cantidad de agua que puede ser removida

$$C_{Agua_{Rem}} = C_{Hum_{Secador}} - C_{Hum_{Entrada}} \quad (49)$$

$$C_{Agua_{Rem}} = (0,026kg \frac{H2O}{kg} \text{aire seco}) - (0,017kg \frac{H2O}{kg} \text{aire seco}) = 0,009kg \frac{H2O}{kg} \text{aire seco} \quad (50)$$

Cantidad de Aire Requerido

$$C_{Aire} = \frac{V_{Especifico}}{C_{Agua_{Rem}}} \quad (51)$$

$$C_{Aire} = \frac{(0,87 \frac{m^3}{kg} \text{aire seco})}{(0,009kg \frac{H2O}{kg} \text{aire seco})} = 96,7 \frac{m^3}{kgH2O} \quad (52)$$

$$Q_{aire} = C_{Aire} \times Cant_{Secar} \quad (53)$$

$$Q_{aire} = 96,7 \frac{m^3}{kgH2O} \times 83,33kg \frac{H2O}{h} = 8055,11 \frac{m^3}{h} \text{(Caudal del Blower)} \quad (54)$$

Cantidad de Energía Requerida para Calentar Aire y Evaporar Agua:

$$\text{Calor Sensible} = \text{Flujo Másico Aire} \times \text{Entalpía Aire} \quad (55)$$

$$\text{Calor Sensible} = \frac{(8055,11 \frac{m^3}{h})}{(0,87 \frac{m^3}{Kg} \text{Aire seco})} \times (100 \frac{Kj}{Kg} \text{Aire seco} - 70 \frac{Kj}{Kg} \text{Aire seco}) = 277762 \frac{kJ}{h} \quad (56)$$

$$\text{Calor Latente} = \text{Cantidad de Agua a Evaporar} \times \text{Entalpía de Evaporación del agua} \quad (57)$$

$$\text{Calor Latente} = 65,1kg \frac{H2O}{h} \times 2257 \frac{kJ}{KgH2O} = 146927 \frac{kJ}{h} \quad (58)$$

$$\text{Energía Requerida} = \text{Calor Sensible} + \text{Calor Latente} \quad (59)$$

$$\text{Energía Requerida} = 277762 \frac{kJ}{h} + 188075 \frac{kJ}{h} = 465837 \frac{kJ}{h} = 129,4Kw \quad (60)$$

$$\text{Energía Requerida} = 129,4Kw + 4,41Kw = 133,81Kw \quad (61)$$

Energía Externa Requerida (GLP)

- Se convierte 133,81 kW a $\frac{kJ}{h} = 481716 \frac{kJ}{h}$

$$\text{Consumo de gas x hora} = \frac{\text{Energía Requerida}}{C_{pGLP}} \quad (62)$$

$$\text{Consumo GLP} = \frac{481716 \frac{kJ}{h}}{48000 \frac{kJ}{kg}} = 10,04 \frac{kg}{h} \quad (63)$$

V-C. Diseño Eléctrico.

V-C1. Válvula solenoide en GLP.

Se hará uso de una válvula solenoide en el GLP (Gas Licuado de Petróleo) que es un dispositivo electromecánico utilizado para verificar los fluidos de gas dentro del sistema de gasificación y distribución. Estas válvula dará paso al gas cuando inicie el proceso y cerrará el paso una vez concluido el proceso.

Las principales características: Accionamiento, funcionan mediante un solenoide que se activa mediante una señal eléctrica. Al aplicar corriente eléctrica al solenoide, se genera un campo magnético que atrae un núcleo móvil, permitiendo que el gas fluya a través de la válvula. Cierre automático, en caso de que se corte la corriente eléctrica, la válvula se cierra automáticamente para evitar fugas de gas.



Figura 19. Válvula Solenoide. Elaborado por autores.

V-C2. Variador de frecuencia

Se elige un variador de frecuencia de 5 HP para controlar la velocidad y el torque del motor. Al utilizar el variador se mejorará la eficiencia energética y prolongar la vida útil del equipo. De potencia de 5 HP, voltaje de entrada: 200-240V trifásico, frecuencia: De 0 a 400 Hz. Tener en cuenta el mantenimiento, revisar periódicamente el estado del variador, limpiando los filtros de aire y verificando la integridad de los conectores y cables.

Será utilizado para remover el material; con ayuda de su reductor, se tendrá el torque necesario para remover.

V-C3. Blower

Se elige un blower trifásico CBX-4747 con una potencia de 0.55 kW, una velocidad de 2800 RPM, voltaje de operación de 220V (Trifásico), tipo de ventilador Centrífugo. El mantenimiento a considerar es la limpieza en las aspas del ventilador, lubricación del motor y verificación de la integridad del sistema de fijación.

Será utilizado para impulsar el aire caliente por el ducto para que con ayuda del quemador, caliente el material.

V-C4. Quemador

El quemador con GLP cuenta con una potencia de 0.45 kW y un voltaje de operación de 110V (Monofásico), sistema de encendido mediante chispa, protección tiene integrado un sistema de detectores de llama. Mantenimiento, se realiza un mantenimiento regular, incluyendo la limpieza del quemador, la verificación del sistema de encendido y la revisión de las válvulas de seguridad.

Será utilizado para dar fuego en el ducto y con ayuda del blower, poder calentar el material.

V-C5. Elección de PLC.

Se eligió el PLC Siemens S7-1200 modelo 1214C AC/DC/Relay diseñado para aplicaciones de automatización industrial. Este modelo específico ofrece una combinación de entradas y salidas digitales, así como salidas de relé. Cuenta con una alimentación de Entrada (120/230V) AC, 14 entradas digitales (24V DC), 10 salidas de relé (para 230V AC/30V DC, 5A). Es fiable y duradero ya que están diseñados para funcionar en entornos industriales exigentes y pueden resistir vibraciones, choques, humedad y temperaturas extremas.

Se usará el PLC para automatizar el proceso.



Figura 20. Autómata S7-1200. Elaborado por autores.

V-C6. Sensor de temperatura Termocupla k

Es un sensor que se usará para medir la temperatura interna de la olla, cuenta con un rango que puede ir desde $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $+1260\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Figura 21. Termocupla tipo k 1mtr. Elaborado por autores.

V-C7. Raspberry PI 4

Es un microcomputador de placa única diseñada por la Fundación Raspberry Pi [21]. Se utilizó para la comunicación con el PLC y para poder generar mediante su software, el link para visualizar el interfaz de forma remota. Cuenta con un procesador: 64-bit quad-core Cortex-A72 (ARM v8) SoC @ 1.5GHz, una memoria RAM: 4GB LPDDR4, un almacenamiento MicroSD 64Gb, 2 puertos micro HDMI, 2 puertos USB 3.0 Y 2.0, puerto Ethernet y una fuente de poder: 5V/3A.



Figura 22. Raspberry Pi4. Elaborado por autores.

V-C8. Botoneras

Se utilizó 3 botoneras de color verde que dará inicio al proceso, de color rojo que detiene el proceso y una botonera de paro de emergencia (color rojo), el cual se enclava al momento de ser presionado, quitando la energía de todo el proceso hasta que se vuelva a desenclavar.



Figura 23. Botoneras de start, stop y paro de emergencia . Elaborado por autores.

V-C9. Luz piloto

Las luces piloto servirán como indicar del estado del proceso eléctrico. Donde el color verde indicará el inicio del proceso de secado automático de cacao, y el color rojo indicará el paro del proceso de secado. Será de gran ayuda para saber el estado del equipo para tener el control del proceso.



Figura 24. Luces piloto rojo y verde. Elaborado por autores.

V-C10. Contactores

Los contactores son dispositivos electromecánicos utilizados para controlar el encendido y apagado de circuitos eléctricos, se utilizará principalmente para el apagado y encendido del motor de las paletas, quemador y blower. Será una parte esencial para el sistema de control y automatización.



Figura 25. Contactores 18A. Elaborado por autores.

V-C11. Cables de cobre

Para las conexiones eléctricas se utilizaron cables de calibre 6, 10, 12, 18 AWG, en el cual el cable calibre 18 fue para las conexiones de comunicación al PLC y los cables de calibre 10 y 12, se usaron para las conexiones eléctricas de cada componente, el cable calibre 6 se usó para alimentar el breaker principal, ya que se va a trabajar a más de 70A.

V-C12. Breaker principal

Este breaker suministra corriente eléctrica al gabinete de control es de 80A y lo alimenta el cable de cobre de calibre 6.



Figura 26. Breaker principal 3P 80A. Elaborado por autores.

V-C13. Breakers de distribución

Estos breakers alimentaran a cada componente, como motor, blower, PLC, raspberry, quemador. El cable de conexión para cada componente es de calibre 10 y 12 AWG.



Figura 27. Breakers de alimentación 2P 16A / 2P 25A / 3P 40A. Elaborado por autores.

V-C14. Porta fusibles

Sirven para alojar fusibles y proporcionar una conexión segura en los circuitos eléctricos. Su función principal para la cual se eligió este componente, es proteger los circuitos contra sobrecargas y cortocircuitos, cuando la corriente que fluye a través del circuito excede el valor nominal del fusible, este se funde, interrumpiendo el flujo de electricidad y evitando daños en los equipos conectados, Mientras menor es el amperaje del fusible, más sensible es al corto o a la sobrecarga.



Figura 28. Porta fusible 3P 32A. Elaborado por autores.

Se recomienda tener en stock los fusibles cerámicos de 4A en caso que no arranque algún proceso, siempre manipular componentes sin carga eléctrica (bajar el breaker principal).

V-C15. Switch Ethernet

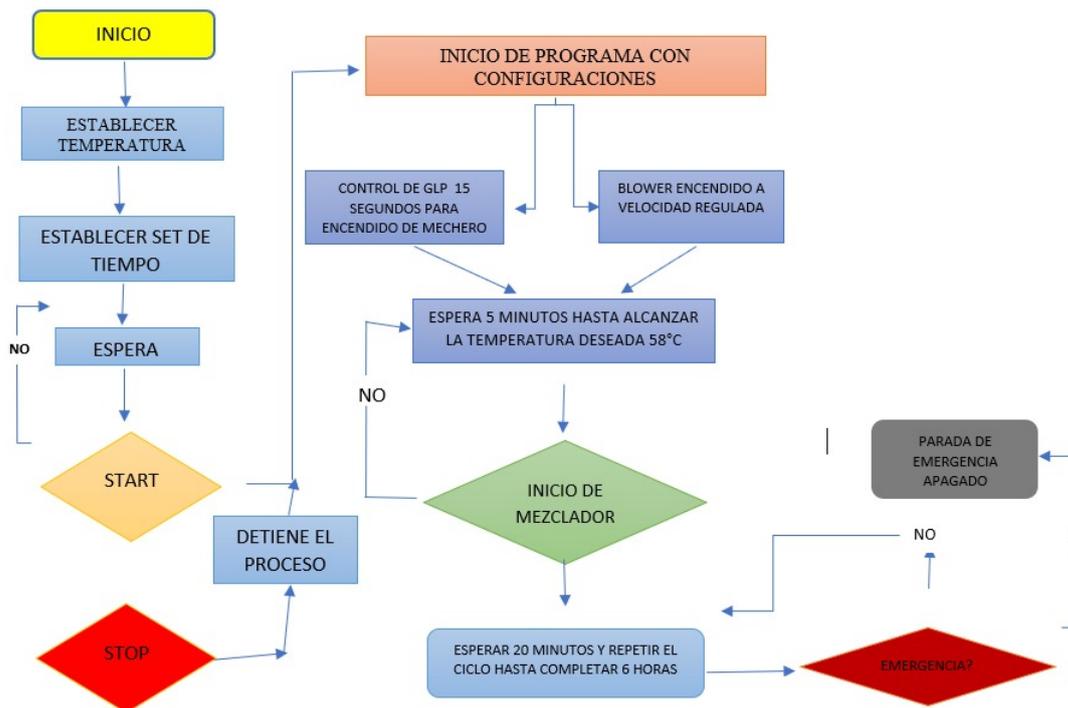
Es un dispositivo de red que permite conectar múltiples dispositivos dentro de una red local (LAN). Se utilizará para conexión y comunicación del PLC al raspberry y también poder monitorear el correcto funcionamiento en el PLC mediante conexión LAN.



Figura 29. Switch Ethernet. Elaborado por autores.

V-C16. Pruebas de funcionamiento

Mediante el diagrama de flujo podemos notar el funcionamiento de control de la máquina, teniendo en cuenta que cada elección conlleva a un resultado.



Cuadro I
DIAGRAMA DE FLUJO. ELABORADO POR AUTORES.

De forma física se energiza los componentes y arranque para comprobar que cada proceso del equipo funcione en óptimas condiciones,



Figura 30. Encendido blower y quemador. Elaborado por autores.



Figura 31. Secado de cacao automatizado. Elaborado por autores.

Con la máquina en marcha podemos notar que cumple con su programación establecida

V-D. Programación TiaPortal

Mediante el uso del software Tia-Portal pudimos realizar todo el sistema de automatización, a continuación están los segmentos separados con su significado.

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

Secadora Cacao Modificación / PLC_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

Main [OB1]

Main Propiedades					
General					
Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB
Idioma	KOP	Numeración	Automático		
Información					
Título	"MÁQUINA SECADORA DE CACAO AUTOMATIZADA"	Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizado	

Main			
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
Temp			
Constant			

Segmento 1: Inicio del Sistema

Se puede iniciar marcha tanto con los pulsadores ubicados en el tablero o se puede inicializar de forma remota por la interfaz del Node-RED.

Segmento 2: Seteo de Valores

Se establece el seteo de valores de tiempo para el trabajo del proceso del encendido de los equipos por tiempos determinados.

Figura 32. Programación en Software TiaPortal parte a. Elaborado por autores.

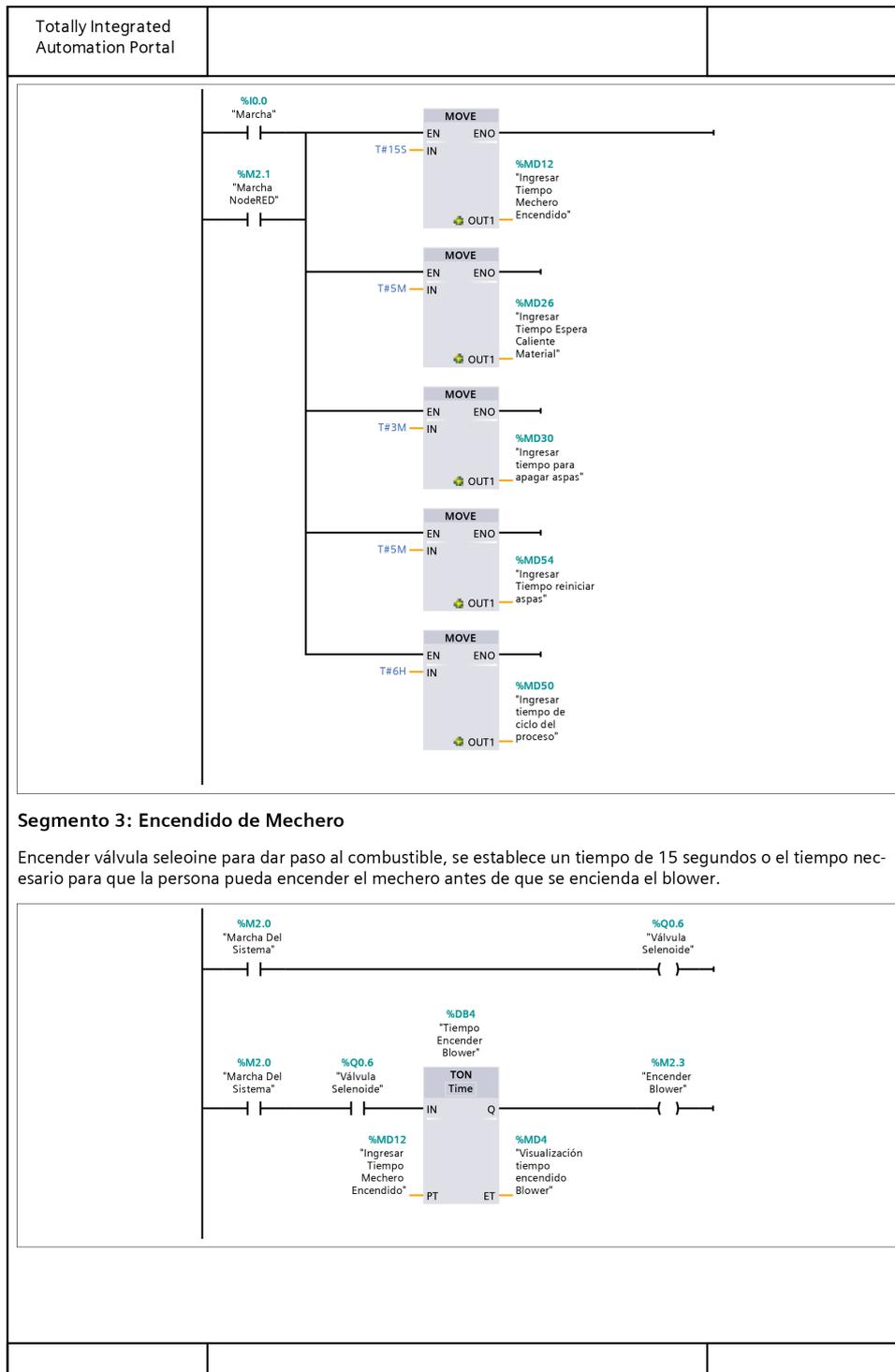


Figura 33. Programación en Software TiaPortal parte b. Elaborado por autores.

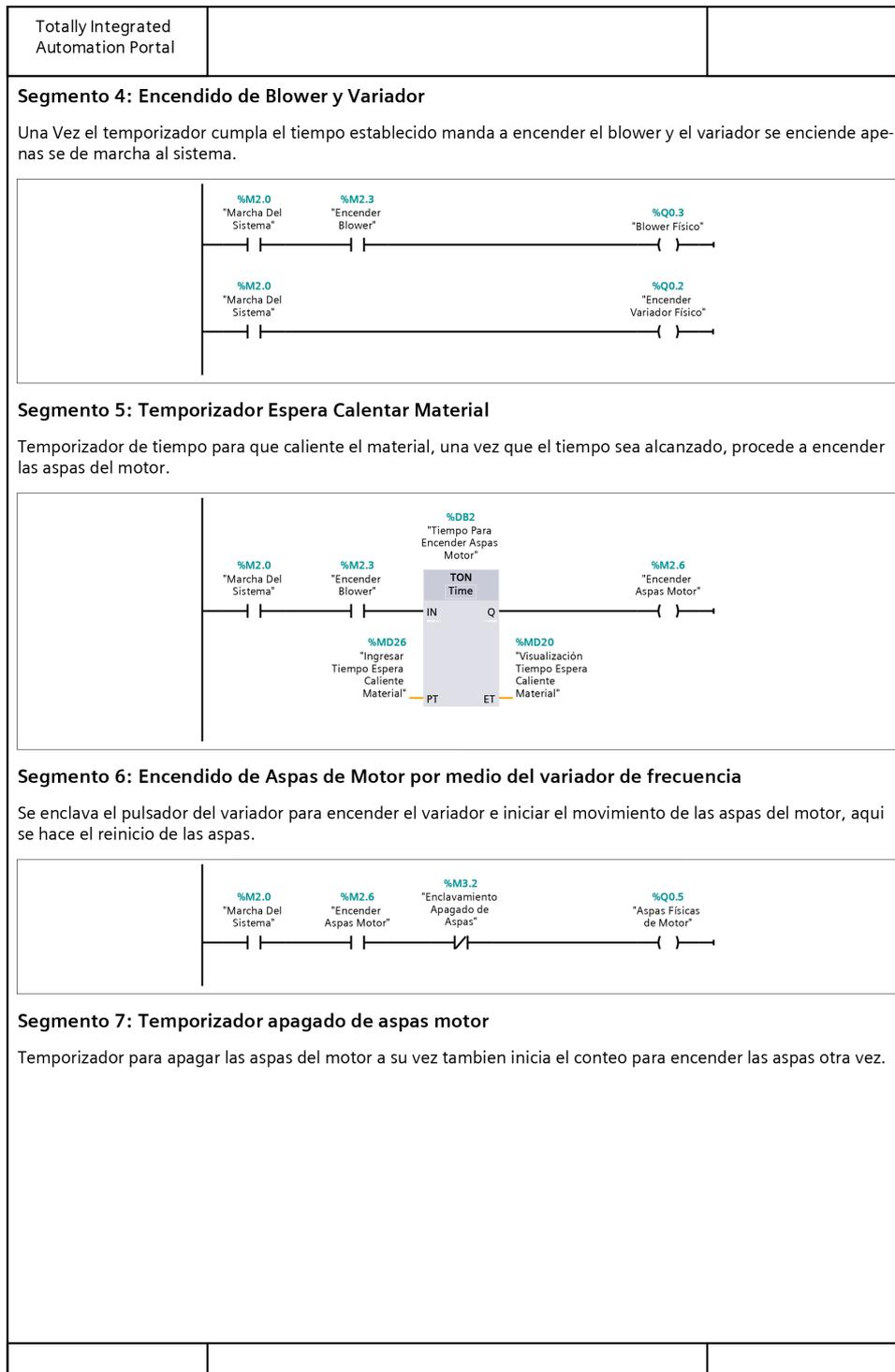


Figura 34. Programación en Software TiaPortal parte c. Elaborado por autores.

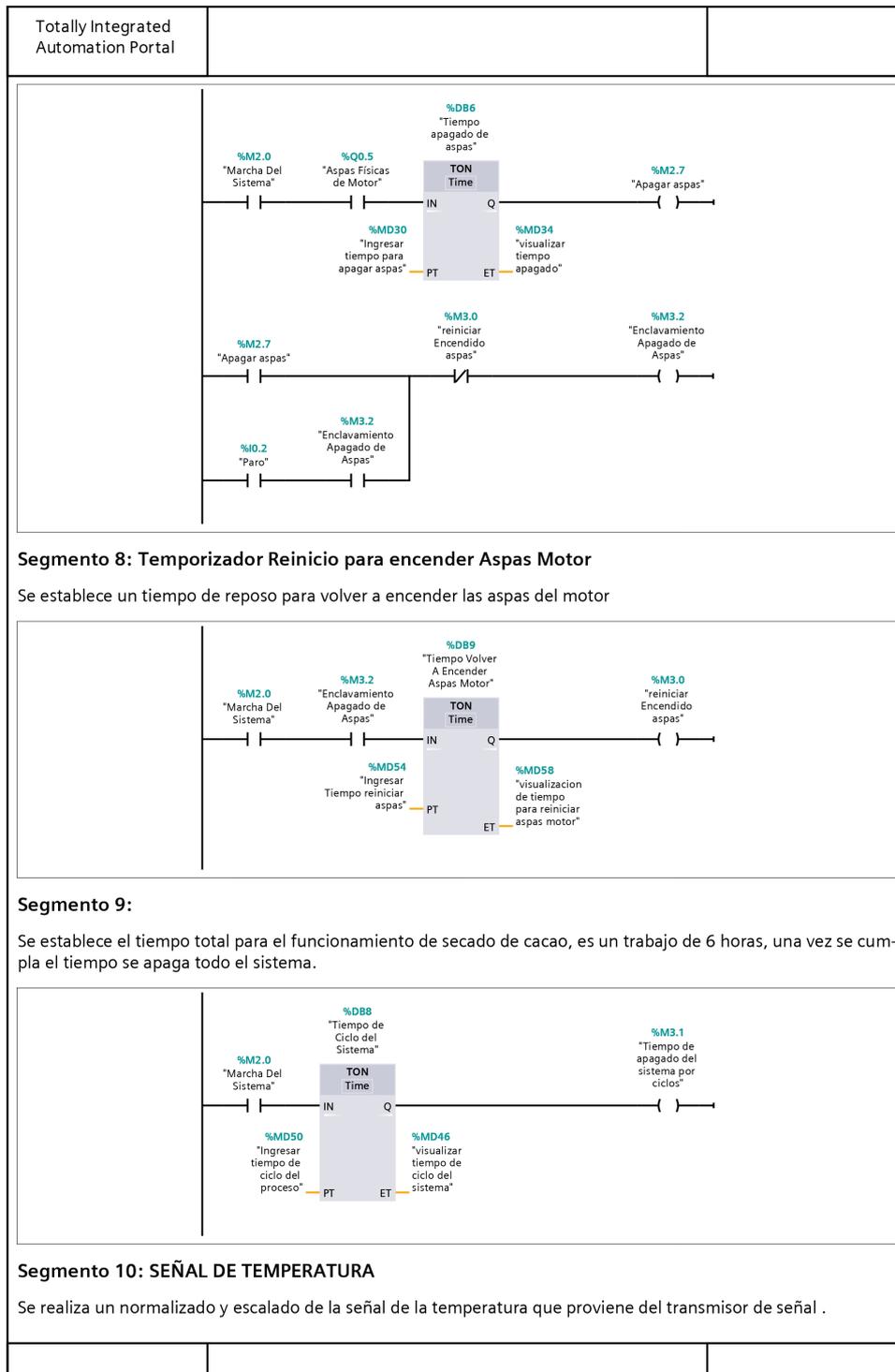


Figura 35. Programación en Software TiaPortal parte d. Elaborado por autores.

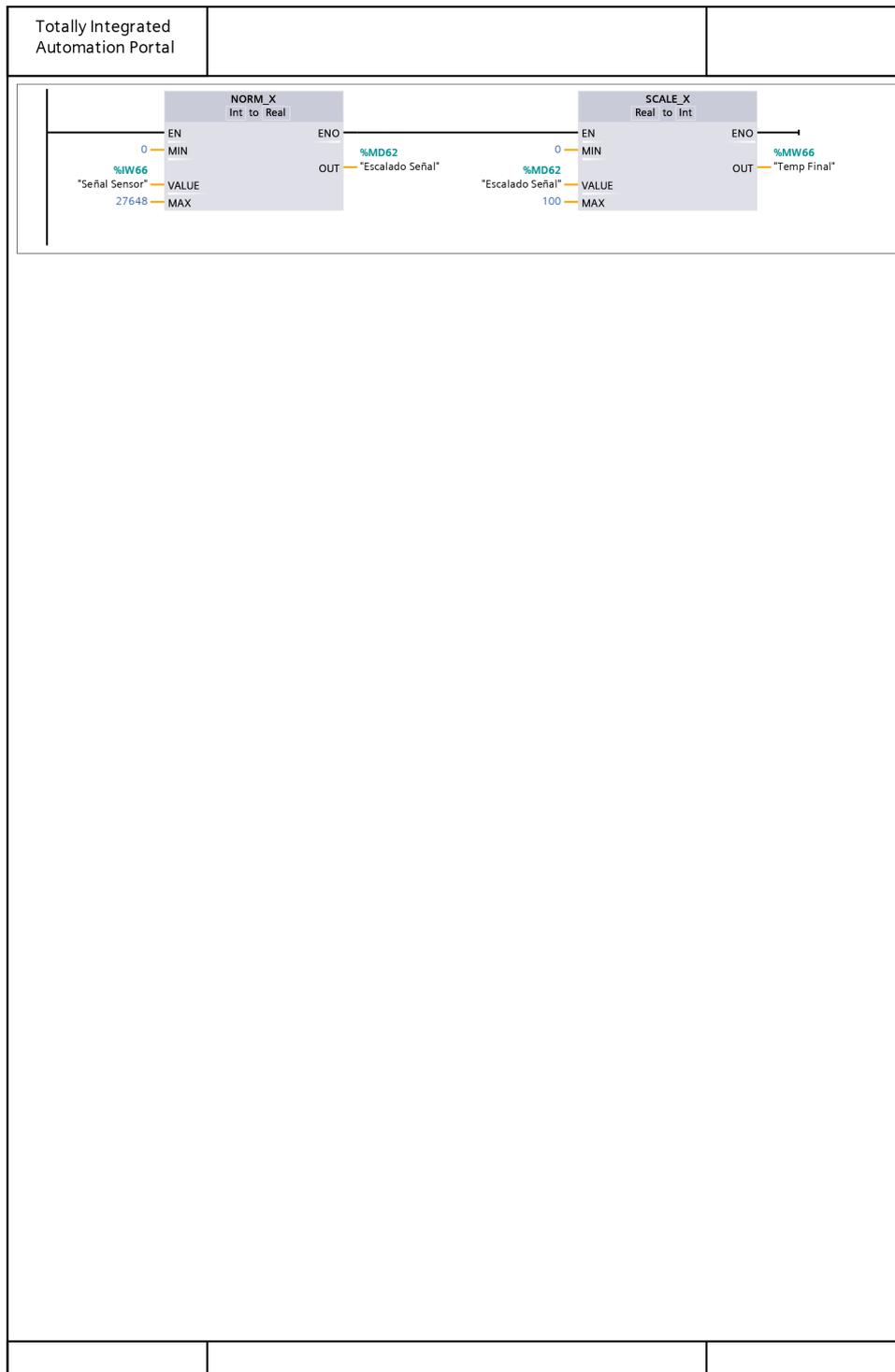


Figura 36. Programación en Software TiaPortal parte e. Elaborado por autores.

V-E. Programación en Node-RED

Mediante el uso del software Node-RED dentro del Raspberry pi4, se realizó la comunicación con el Plc y el interfaz para visualización de parámetros, a continuación está el paso a paso de la programación.

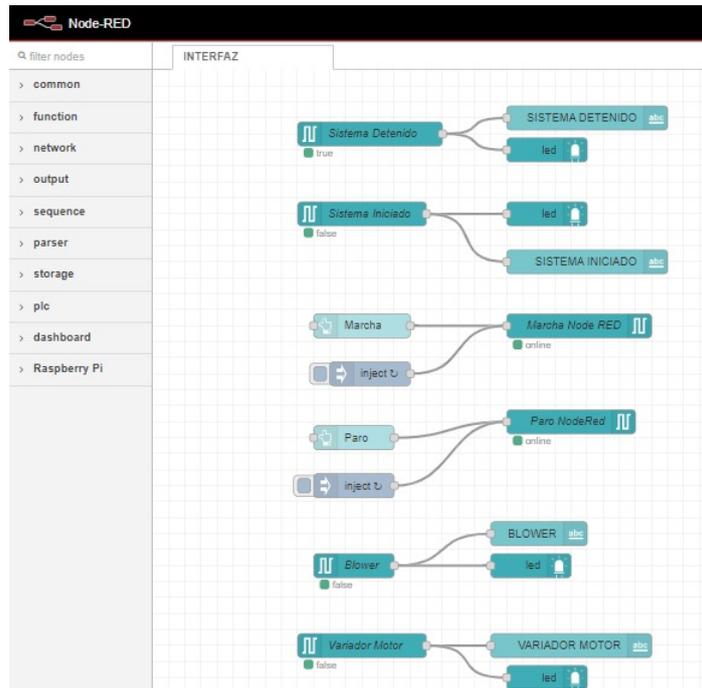


Figura 37. Programación NodeRED parte a [22].

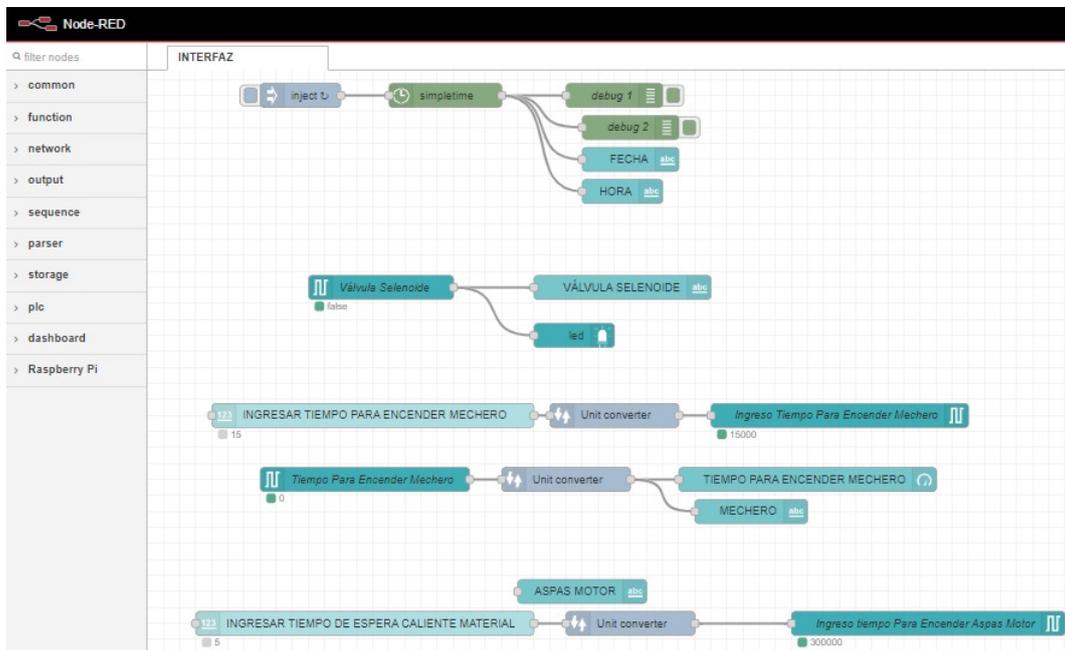


Figura 38. Programación NodeRED parte b [22].

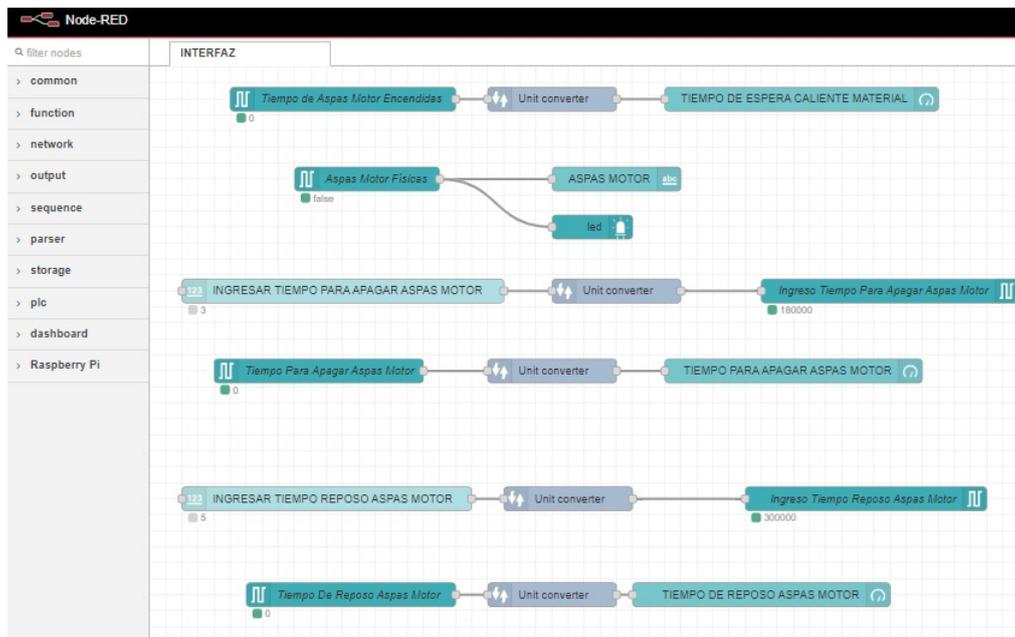


Figura 39. Programación NodeRED parte c [22].

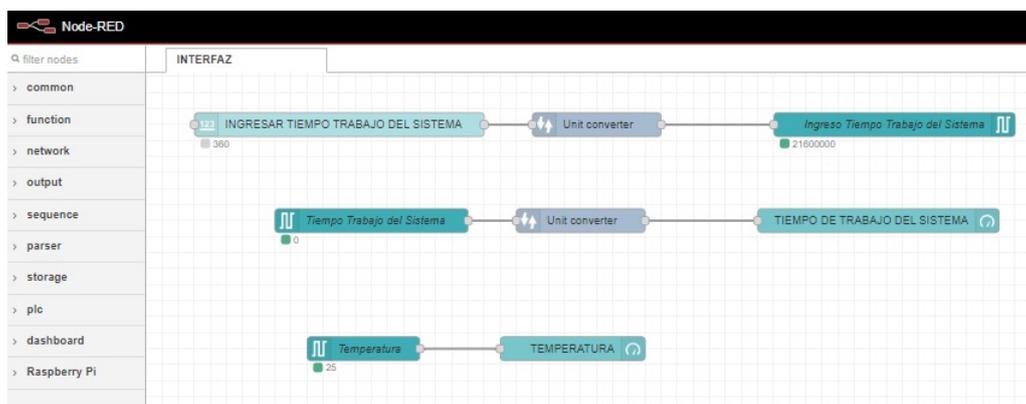


Figura 40. Programación NodeRED parte d [22].

Para obtener el link y visualizar el interfaz, se debe de seguir los siguientes pasos:



Figura 41. Software RealVNC [22].

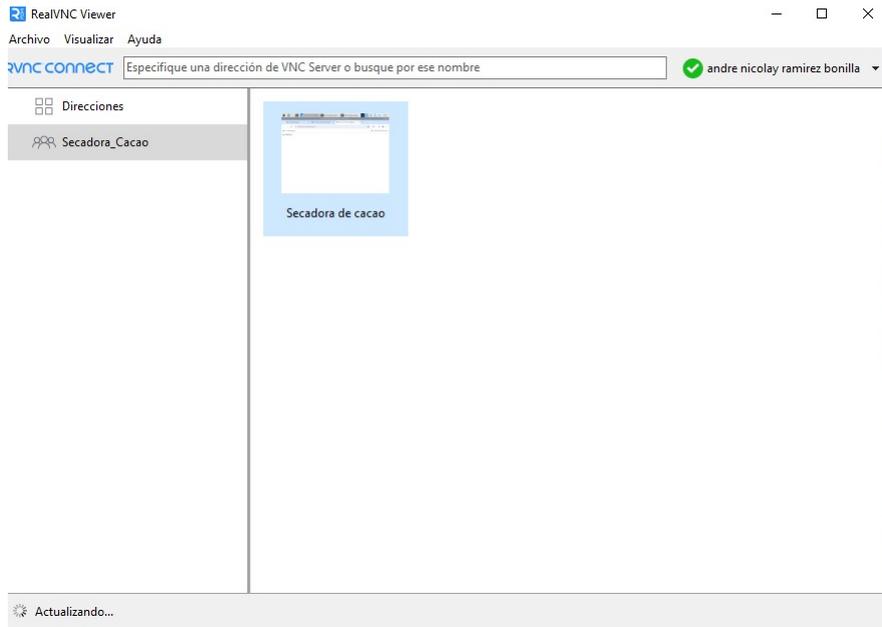


Figura 42. Menú de selección [22].

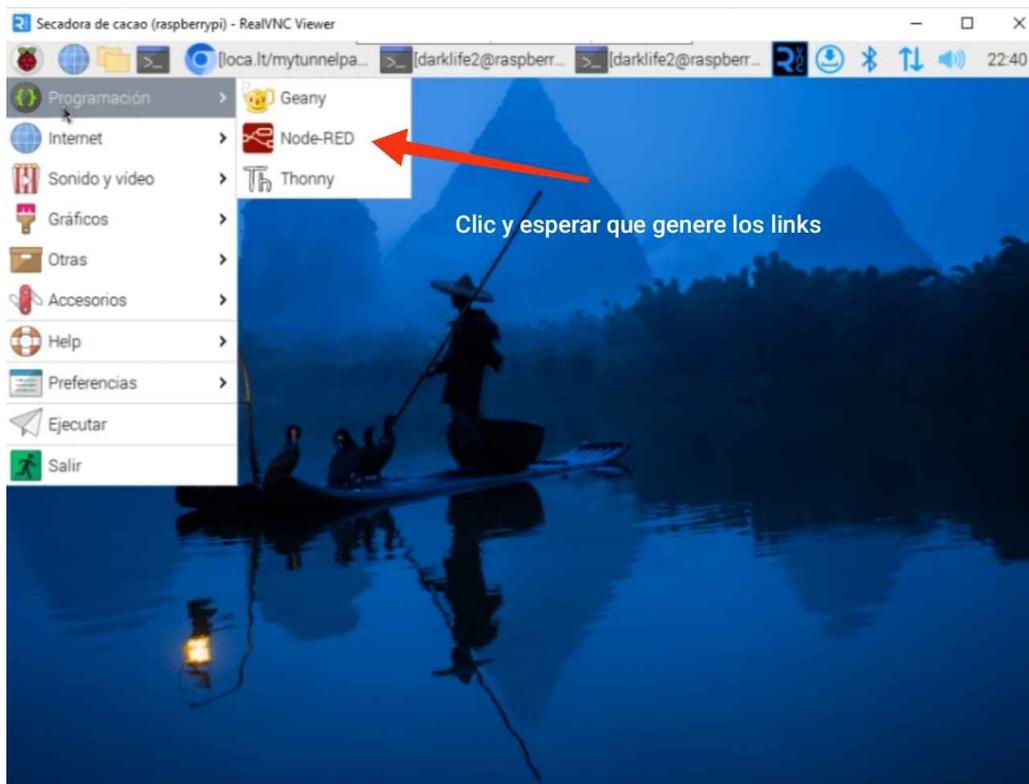


Figura 43. Generar link por NodeRED. Elaborado por autores.

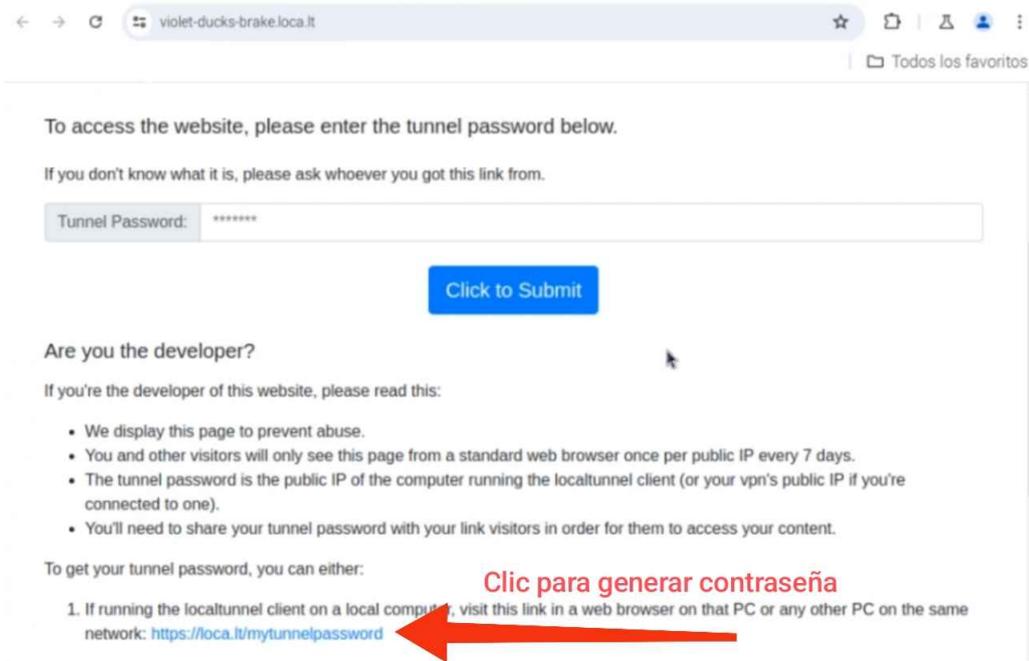


Figura 44. Generar contraseña. Elaborado por autores.

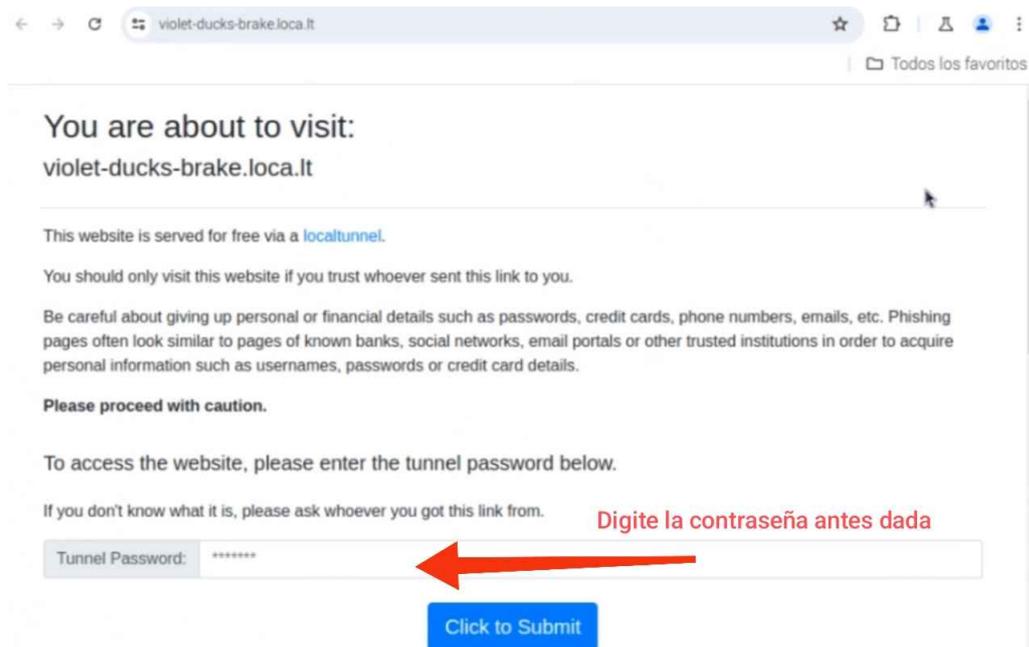


Figura 45. Digitar contraseña. Elaborado por autores.

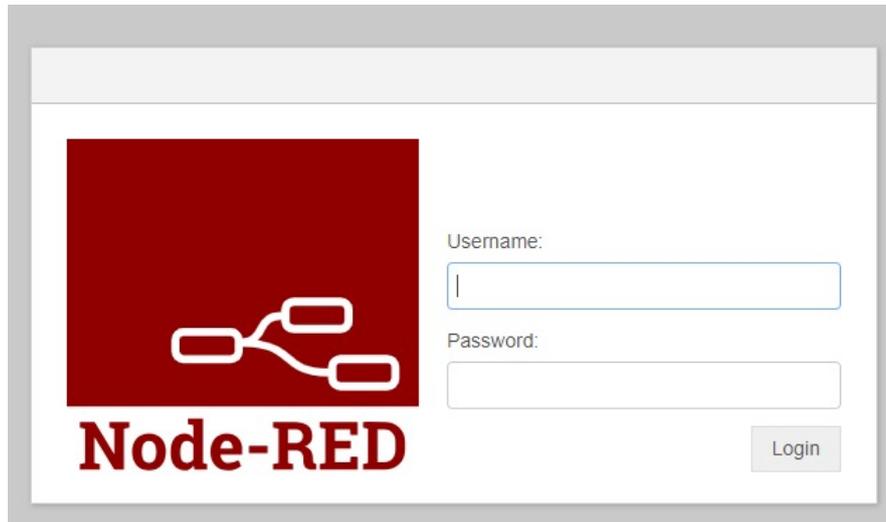


Figura 46. Iniciar sesión NodeRED. Elaborado por autores.

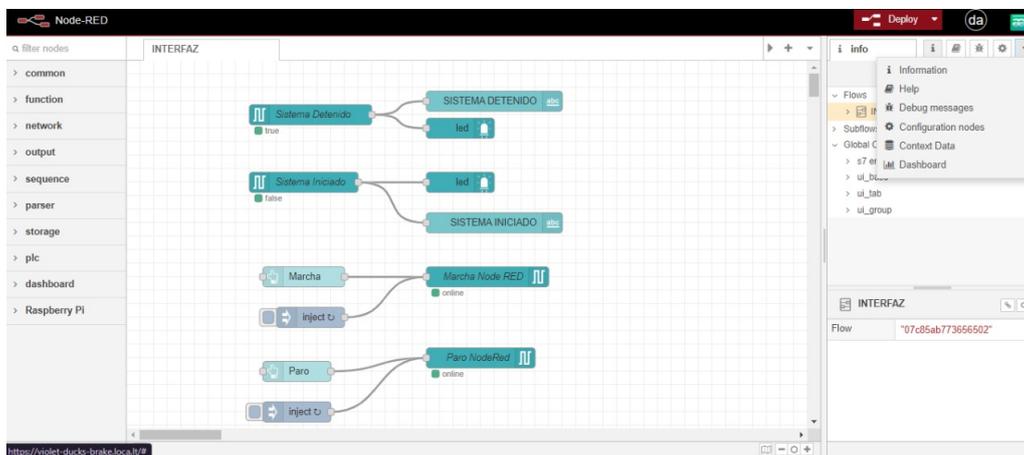


Figura 47. Apartado Dashboard. Elaborado por autores.

Dar clic en la parte superior de lado derecho en Dashboard

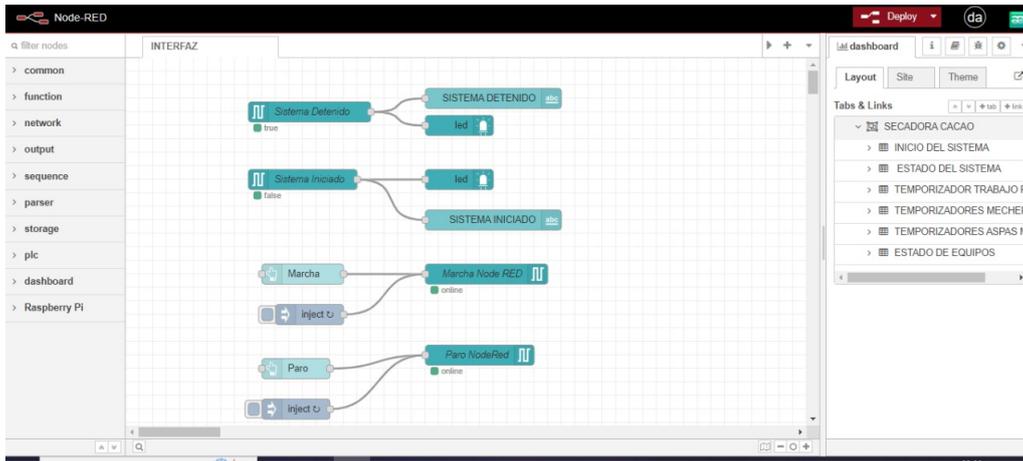


Figura 48. Dirección a interfaz. Elaborado por autores.

Dar clic en la parte superior de lado derecho en la flecha para dirigirse al interfaz

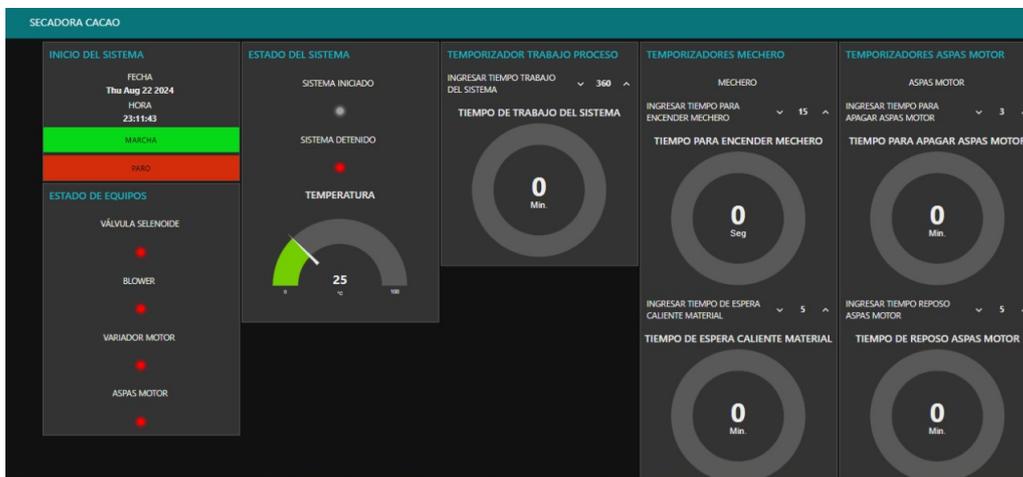


Figura 49. Interfaz de máquina secadora de cacao. Elaborado por autores.

VI. RESULTADOS

VI-1. Pruebas de secado de cacao

Se obtienen los granos de cacao de la mazorca, primero al extraerse y luego se depositan bajo el sol para esperar la fermentación. Pasado 7 días llega a una humedad del 85 %.



Figura 50. Granos en baba. Elaborado por autores.

Después de un proceso de fermentación, que es de 3 a 4 días queda como resultado un (55 % – 60 %) de humedad del cacao, una vez culminado los días de espera de fermentación, se puede llevar a la máquina secadora automática para garantizar el secado final de forma adecuada.



Figura 51. Cacao fermentado. Elaborado por autores.

Cuando ya haya finalizado el secado del cacao y haber esperado entre 5 a 6 horas se podrá apreciar el resultado final.



Figura 52. Resultado de granos de cacao seco. Elaborado por autores.

Una vez realizada las pruebas de secado del cacao, se toman 3 tipos de granos de cacao para validar la eficiencia en el secado interno. Se realiza un corte vertical para visualizar que esté en óptimas condiciones de secado y buena calidad.



Figura 53. Cacao en baba recién salido de la mazorca. Elaborado por autores.



Figura 54. Resultado de granos de cacao fermentado. Elaborado por autores.



Figura 55. Resultado de granos de cacao seco. Elaborado por autores.

Cuenta con un aroma particular que indica que está en su punto de cocción, es de color café oscuro o color café.

VI-2. *Pruebas de secado por peso*

Se utilizó como muestra 10 granos de cacao de cada tipo, en baba, fermentado y seco.



Figura 56. Resultado de granos de cacao en baba. Elaborado por autores.

Se tiene de resultado con un muestreo de 10 granos de cacao un peso de 31 gramos.



Figura 57. Resultado de granos de cacao fermentado. Elaborado por autores.

Se tiene de resultado con 10 granos de cacao un peso de 23 gramos.



Figura 58. Resultado de granos de cacao seco. Elaborado por autores.

Se tiene de resultado con 10 granos de cacao un peso de 11 gramos.

TABLA DE RESULTADO DE SECADO			
Humedad	Peso en Gramos	Resultado Interno	Ilustración
Cacao en Baba	31 gramos	El Cacao en baba tiene un color morado oscuro	
Cacao Fermentado	23 gramos	El Cacao Fermentado tiene un color violeta	
Cacao Seco	11 gramos	El Cacao Seco en su totalidad tiene un color café oscuro como el chocolate	

Cuadro II
 TABLA DE RESULTADOS POR PESO EN GRAMOS. ELABORADO POR AUTORES.

En la tabla se pueden notar las categorías y el peso de cada tipo, en donde la diferencia del grano de cacao fermentado es de 21 gramos, casi el doble del grano seco, entonces se concluye que para un grano seco de cacao el peso es de 11 gramos en un muestreo de 10 granos de cacao para que el cacao seco este al (8% - 9%) con un margen de error del $\pm 1\%$, donde la unidad debe de pesar 1.1 gramos para un cacao seco.

VIII. PRESUPUESTO

PRESUPUESTO TOTAL DE PROYECTO					
#	DESCRIPCIÓN	UNIDAD/ METRO	CANT.	PVP UNIT.	PRECIOS
1	Varilla de 12mm	UND	2	\$12,00	\$24,00
2	Perfil cuadrado 50x3mm	UND	4	\$19,25	\$77,00
3	Plancha acero inoxidable AISI304 (3mm)	UND	3	\$240,00	\$720,00
4	Plancha acero inoxidable perforado AISI 304 (2mm)	UND	2	\$296,00	\$592,00
5	Tubo de acero inoxidable AISI 304 Ø 2,5 in x 1,5 mm	UND	1	\$125,00	\$125,00
6	Placa soporte chumacera	UND	1	\$20,00	\$20,00
7	Rodamiento con soporte de pared UCF 215-300D1 Ø 3in	UND	2	\$56,00	\$112,00
8	Plancha acero galvanizado 2mm	UND	1	\$60,00	\$60,00
9	Raspberry pi 4	UND	1	\$160,00	\$160,00
10	Motorreductor trifásico 3 HP 1735 rpm, V = 220-230V	UND	1	\$450,00	\$450,00
11	Variador de frecuencia 5HP	UND	1	\$388,00	\$388,00
12	Quemador industrial Beckett Suntec	UND	1	\$1.506,00	\$1.506,00
13	Ventilador centrífugo trifásico 2800 rpm, V = 220 V	UND	1	\$440,00	\$440,00
14	Tanque de gas de 15kg (GLP)	UND	5	\$3,00	\$15,00
15	Perno de cabeza hexagonal ASTM 307 M16x2 mm	UND	40	\$1,00	\$40,00
16	Switch de 8 puertos	UND	1	\$22,00	\$22,00
17	Cable lan cat 6E	MTR	60	\$0,58	\$34,80
18	PLC SIEMENS S7-1200 1214c Ac/Dc/Rly	UND	1	\$300,00	\$300,00
19	Control temperatura digital 72x72 1200°C	UND	1	\$260,00	\$260,00
20	Sensor Termocupla K	MTR	1	\$15,00	\$15,00
21	Gabinete modular	UND	1	\$60,00	\$60,00
22	Breaker 3P 100 A	UND	1	\$80,00	\$80,00
23	Breaker 2P 20 A	UND	1	\$13,50	\$13,50
24	Breaker 2P 30 A	UND	1	\$18,00	\$18,00
25	Breaker 3P 40 A	UND	1	\$25,00	\$25,00
26	Porta fusible ceramicos 3p	UND	1	\$15,00	\$15,00
27	Fusible ceramicos	UND	6	\$1,40	\$8,40
28	Tomacorriente 2 entradas	UND	1	\$3,00	\$3,00
29	Canaletas 1 metro color gris	UND	4	\$6,00	\$24,00
30	Funda sellada ½ in 100m	UND	1	\$8,00	\$8,00
31	Marquillas circulares y largas	UND	2	\$5,00	\$10,00
32	Terminales Eléctricos juegos	UND	1	\$10,00	\$10,00
33	Cable de cobre 6A	MTR	20	\$4,50	\$90,00
34	Cable concéntrico sucre flexible 3x12	MTR	5	\$2,10	\$10,50
35	Cable de cobre siliconado de alta temperatura, 18AW	MTR	15	\$0,50	\$7,50
36	Cable de cobre siliconado de alta temperatura, 12AW	MTR	18	\$1,25	\$22,50
37	Contactores sassin 220V 18A	UND	3	\$28,00	\$84,00
38	Pulsador CSC 22mm HONGO 40/GIRO rojo	UND	1	\$4,00	\$4,00
39	Pulsador verde y rojo	UND	2	\$3,00	\$6,00
40	Luz piloto led 2200 VAC verde, rojo y amarillo	UND	3	\$2,50	\$7,50
SUB-TOTAL: \$					\$5.867,70
IVA 15%					\$880,16
Costos indirectos /directos					\$600,00
Mano de obra + diseños					\$2.000,00
TOTAL: \$					\$9.347,86

Cuadro IV
PRESUPUESTO TOTAL DE PROYECTO. ELABORADO POR AUTORES.

IX. CONCLUSIONES

El estudio ha identificado varias tecnologías y enfoques que optimizan el proceso de secado, que es crucial para la calidad del producto final, con la recolección de información y el análisis de alternativas tecnológicas, se pudo determinar que las secadoras automáticas de cacao, ofrecen importantes ventajas en términos de eficiencia y control.

El diseño de la etapa de control, así como la etapa mecánica del sistema, resultó ser un proceso completo que combina tecnología de punta y robustez estructural. La implementación de un sistema de monitoreo remoto permite una revisión continua y efectivo de parámetros operativos, facilitando la identificación de posibles fallas y optimizando el rendimiento de la máquina.

La construcción del sistema de la secadora de cacao, ha sido un proceso fundamental para asegurar el cumplimiento de las especificaciones requeridas. A través de un diseño y la implementación de tecnologías apropiadas, ha sido posible desarrollar un sistema que no sólo optimiza el proceso de secado y tiempo, sino que también asegura que los granos de cacao alcancen un nivel de humedad deseado, generalmente alrededor del 7 al 9%.

La elaboración del manual de usuario ha sido un paso crucial para garantizar la eficiencia y seguridad en el funcionamiento de la máquina. Este documento no solo proporciona instrucciones claras y detalladas sobre el funcionamiento del equipo, sino que también incluye instrucciones de seguridad esenciales para prevenir accidentes y garantizar un entorno de trabajo seguro.

X. RECOMENDACIONES

El desarrollo de una secadora automática para cacao, representa una solución innovadora y eficiente para mejorar el proceso de secado en la producción de cacao. A continuación se detallan algunas recomendaciones a tener en cuenta:

- **Control de Temperatura y Humedad.** Revisar la temperatura interna de la máquina que no exceda los 60°C para que no haya pérdida de material en secado, al regular bien la temperatura, no solo garantizará un secado uniforme, sino que también ayudará a prevenir el deterioro del grano de cacao.
- **Capacidad y Escalabilidad.** La secadora esta diseñada para manejar una capacidad no superior a los 500 kg, lo que permitirá a los productores satisfacer la demanda del mercado. Además, es recomendable considerar la posibilidad de escalar la capacidad o mejorarla en el futuro, lo que podría incluir la adición de módulos o secciones adicionales a la máquina.
- **Mantenimiento y Durabilidad.** Es importante que la secadora se le asigne un mantenimiento preventivo que incluya la limpieza regular de los componentes mecánicos, inclusive eléctricos (por el polvo) y la revisión de los sistemas de control, para asegurar un funcionamiento óptimo y prolongar la vida útil de la máquina.
- **Capacitación del Personal.** Es importante que se opere la máquina solo personal autorizado, ya que puede existir algún riesgo, para personas sin conocimientos del sistema previamente, peligro de altas temperaturas o riesgo eléctrico por no usar el equipo adecuado para la ocasión, en caso de contar con un nuevo operario de la máquina, debe primero darle una capacitación para que se familiarice con el proceso de automatización y el proceso mecánico de la máquina, indicar el proceso de cada botón y su funcionamiento, así también como los apartados de configuración de tiempos y revisión de datos, para garantizar el buen funcionamiento del equipo.
- **El equipo no enciende.** En caso que el equipo no encienda, revisar los breakers que estén encendidos, y/o los fusibles que estén en buen estado, tener en repuesto mínimo 6 fusibles cerámicos de 4A por caso de emergencia, poder cambiarlo por el mismo usuario, en caso que algún proceso no arranque el tiempo programado por el usuario, revisar con el equipo desconectado de la fuente eléctrica la continuidad de los procesos y revisar que los cables estén bien sujetos en el sitio donde deben estar.

REFERENCIAS

- [1] J. Agamez, *Diseño de un secador convectivo para el secado del grano de cacao*, 2020. dirección: https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/15719/1/AgamezJaith_2020_Dise%C3%B1oSecadorConvectivo.pdf.
- [2] C. Batista, *sistema de control para un secador de lecho fijo basado en ventilación de aire caliente*, 2021.
- [3] Borja, *Análisis de las exportaciones del cacao Ecuatoriano - pp.4 Producción de cacao*, 2021. dirección: <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fremca.umet.edu.ec%2Findex.php%2FREMCA%2Farticle%2Fdownload%2F422%2F442&psig=AOvVaw0mnNPUKCMyspJaK-p4a9AM&ust=1677812009051000&source=images&cd=vfe&ved=2ahUKEwi2itX3nrz9AhXCcjABHT8yD6YQjRx6BAgAEAAo>.
- [4] M. Chica, *Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Naranjal*, 2018. dirección: <https://naranjal.gob.ec/sitio/wp-content/uploads/2021/03/PDOT-2018.pdf>.
- [5] C. N. de Chocolates, *La moniliasis del cacao: daños, síntomas, epidemiología y manejo*, 2019. dirección: <https://www.agrosavia.co/media/11540/69317.pdf>.
- [6] A. G. Cifre, *Uso de diagramas psicrométricos para reducir el consumo y mejorar el confort de los edificios*, 2022. dirección: <https://blog.zeroconsulting.com/diagrama-psicrometrico-y-sus-caracteristicas>.
- [7] C. DAMAR, *Secador tipo bandeja tipo tunel*. dirección: <https://corporaciondamar.com/industrial-o-procesos/65-secador-de-bandejas>.
- [8] J. N. y Dayanna Vera, *Diseño y construcción de una máquina secadora para cacao tipo rotatoria empleando un sistema de secado automatizado*, 2023. dirección: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25007/1/UPS-GT004390.pdf>.
- [9] E. Edimar, *Programación en PLC: controladores programables*, 2019. dirección: <https://edimar.com/programacion-en-plc/>.
- [10] R. Garcia, *Análisis de la situación comercial actual y perspectivas del cacao fino de aroma en el mercado Ecuatoriano*. 2018. dirección: <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6373/1/T2734-MBA-Garcia-Analisis.pdf>.
- [11] C. L. y Gerardo Solórzano, *Diseño de una tostadora de cacao para productores minoristas*, 2023. dirección: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26025/1/UPS-CT010873.pdf>.
- [12] M. Graben, *Cacao en grano para el secado*, 2018. dirección: <https://www.alamy.es/cacao-en-grano-para-el-secado-la-roca-monte-forte-neves-santo-tome-y-principe-image215577863.html?imageid=BF09AE0C-D34A-44E7-B455-3B5AB6FEC783&p=183828&pn=1&searchId=c1c875a4f78eee4f47c5cb30d6c1f478&searchtype=0>.
- [13] E. I. Group, *ISO 45001 frente a las temperaturas elevadas*, 2023. dirección: <https://www.nueva-iso-45001.com/2023/11/iso-45001-frente-a-las-temperaturas-elevadas/>.
- [14] Iila, *Secador solar*, 2022. dirección: <https://iila.org/es/iila-dona-secadores-solares-de-cacao-a-organizaciones-de-productores-indigenas-de-guatemala/>.
- [15] Ligned, *secador de lecho fluido*. dirección: <http://pharmacy-machines.com.ar/1-4-3-fluid-bed-dryer-fl-series.html>.
- [16] W. G. y Luis Guerra, *Repotenciación de una secadora mecánica de cacao mediante la implementación de instrumentación y control electrónico*, 2023. dirección: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24985/1/UPS-GT004378.pdf>.
- [17] Made-in-China, *Secador tipo bandeja de flujo paralelo*. dirección: https://es.made-in-china.com/co_unackdry/product_Food-Grade-Tray-Hot-Air-Dryer-50-140-C-Electric-Heating-Type_engoigshy.html.
- [18] J. Mejia, *Diseño de una máquina procesadora de cacao*, 2024. dirección: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27434/1/UPS-CT011337.pdf>.
- [19] I. Moreno, *Conceptos Básicos de Automatización Industrial*, 2019. dirección: https://valentinaeisisforever1018.blogspot.com/2019/07/conceptos-basicos-de-automatizacion_18.html.
- [20] Omega, *Controladores de temperatura*. dirección: <https://es.omega.com/prodinfo/controladores-de-temperatura.html#pimenu>.

- [21] R. Pi, *Raspberry Pi 4 model B*, 2024. dirección: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/>.
- [22] RealVNC, *Software de acceso remoto original*, 2024. dirección: <https://www.realvnc.com/es/>.
- [23] Redcacaotera, *Secado del grano de cacao*, 2020. dirección: <https://issuu.com/redcacaotera/docs/secado>.
- [24] A. H. y Ricardo Gallopp, *Explicación paso a paso: la cosecha y el procesamiento del cacao*, 2018. dirección: <https://perfectdailygrind.com/es/2018/03/06/explicacion-paso-paso-la-cosecha-y-el-procesamiento-del-cacao/>.
- [25] C. G. Rocha, *Qué significa KSI en el acero*. 2024. dirección: <https://es.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-significa-ksi-en-el-acero-europeo-tygse>.
- [26] Sandra, *Producción de cacao en Ecuador y su impacto económico*, 2023. dirección: <https://delmonteag.com.ec/produccion-de-cacao-en-ecuador-y-su-impacto-economico/>.
- [27] C. y Saquina, *Diseño y construcción de una secadora automática para cacao a base de aire caliente tipo rotatorio para una capacidad de 500 kg*. 2017. dirección: <http://dspace.espoeh.edu.ec/bitstream/123456789/8079/1/15T00678.pdf>.
- [28] SoporteDeveloper, *Parámetros al tener en cuenta a la hora de seleccionar un motorreductor de velocidad*, 2019. dirección: <https://inducom-ec.com/parametros-al-tener-en-cuenta-a-la-hora-de-seleccionar-un-motorreductor-de-velocidad/>.
- [29] Ultatek, *Cómo seleccionar un variador de frecuencia basado en las características de carga*, 2022. dirección: <https://ultatek.com/como-seleccionar-un-variador-de-frecuencia-basado-en-las-caracteristicas-de-carga/>.
- [30] Ultatek, *Cómo seleccionar un variador de frecuencia basado en las características de carga*, 2022. dirección: <https://ultatek.com/como-seleccionar-un-variador-de-frecuencia-basado-en-las-caracteristicas-de-carga/>.
- [31] VulcanoTec. dirección: <https://vulcanotec.com/maquinaria/secadora-rotativa/>.
- [32] L. Worthington, *Qué hacer si aparece moho en los alimentos*, 2023. dirección: <https://www.nationalgeographic.es/ciencia/2023/11/moho-alimentos-que-hacer-como-evitarlo>.
- [33] C. Zhigui, *Secador de bomba de calor*, 2021. dirección: <http://dspace.espoeh.edu.ec/handle/123456789/14665?mode=full>.

XI. ANEXOS

XI-A. Manual de Usuario

Este manual proporciona instrucciones detalladas para el mantenimiento de una secadora automática de cacao con capacidad de 500 kilos. El mantenimiento adecuado es vital para garantizar la eficiencia y prolongar la vida del equipo.

XI-B. Seguridad

Antes de realizar cualquier tarea de mantenimiento, asegúrese de:

- Desconectar la secadora de la fuente de alimentación.
- Desconectar la alimentación de gas
- Usar equipo de protección personal (guantes, gafas de seguridad, etc.).
- Asegurarse de que la secadora esté completamente fría antes de proceder.

XI-C. Mantenimiento diario

XI-C1. Limpieza

- Exterior: Limpie el exterior de la secadora con un paño húmedo para eliminar polvo y residuos.
- Interior: Retire cualquier residuo de cacao del tambor y las rejillas de ventilación con un trapo húmedo, cepillo, jabón para lavar platos, agua tibia y trapos secos.
- Bandejas y Rejillas: Limpie las bandejas y rejillas después de cada uso para evitar la acumulación de residuos.

XI-C2. Inspección visual

- Revise visualmente el estado de la paleta rotatorio y las piezas móviles.
- Asegúrese de que no haya obstrucciones en las salidas de aire.
- Verifique que las puertas y sellos estén en buen estado y sin daños.

XI-D. Mantenimiento semanal

XI-D1. Lubricación

- Lubrique los rulimanes y las partes móviles según las recomendaciones del fabricante.
- Use el lubricante adecuado para evitar el desgaste prematuro.

XI-E. Mantenimiento mensual

XI-E1. Verificación de componentes eléctricos

- Inspeccione los cables y conexiones eléctricas para detectar posibles daños.
- Asegúrese de que los controles y sensores funcionen correctamente.
- Verifique el estado de los fusibles y reemplácelos si es necesario.

XI-E2. Inspección de motores y ventiladores

- Verifique el funcionamiento del motor y los ventiladores, limpiando cualquier acumulación de polvo o suciedad.
- Asegúrese de que el motor y los ventiladores estén bien sujetos y sin vibraciones excesivas.

XI-F. Mantenimiento trimestral

XI-F1. Revisión del sistema de calefacción

- Inspeccione los elementos calefactores y las conexiones para asegurar un calentamiento uniforme.
- Limpie cualquier acumulación de polvo en los elementos calefactores.
- Verifique la calibración del termostato y ajustarlo si es necesario.

XI-F2. Verificación de sistemas de seguridad

- Revise los sistemas de seguridad como los interruptores de límite y termostatos de seguridad.
- Asegúrese de que todos los dispositivos de seguridad estén funcionando correctamente.

XI-G. Mantenimiento anual

XI-G1. Revisión general

- Realice una inspección completa de la secadora, incluyendo todas las partes móviles, conexiones eléctricas y sistemas de control.
- Programe un mantenimiento profesional si es necesario.
- Realice una prueba de rendimiento para asegurarse de que la secadora funcione de manera óptima.

XI-H. Solución de problemas comunes

XI-H1. Problema: secadora no enciende

- Solución: Verifique la fuente de alimentación y asegúrese de que la secadora esté correctamente conectada. Compruebe los fusibles y los interruptores.

XI-H2. Problema: calentamiento insuficiente

- Solución: Revise los elementos calefactores y asegúrese de que estén limpios y funcionando correctamente. Verifique la calibración del quemador.

XI-H3. Problema: ruidos inusuales

- Solución: Inspeccione las partes móviles y los cauchos de amortiguación. Los cojinetes lubríquelos si es necesario o reemplace las piezas desgastadas. Verifique el ajuste de los pernos

XI-I. Repuestos y accesorios

Mantenga un inventario de piezas de repuesto comunes, como, cojinetes, aceite Clp Iso Vg 220 para la caja reductora, fusibles cerámicos de 4amp, para asegurar una rápida reparación en caso de falla.

Símbolo	Descripción
	<p>Presione para poner en marcha la máquina, activando primero la válvula solenoide para dar paso al gas, con un tiempo de 15 segundos para que el usuario físicamente encienda el quemador, posterior al tiempo de espera, se encenderá el blower que quedará encendido un tiempo de 5 minutos hasta que llegue a la temperatura deseada (58 °c), pasado el tiempo se activa el motor de las paletas durante 1 minuto para remover el cacao, luego se apaga el motor de las paletas por 20 minutos y continúa el ciclo hasta llegar a un tiempo total de 6 horas de secado para que la máquina se detenga.</p>
	<p>Al apretar el botón Stop, el proceso se detiene por completo en donde haya quedado.</p>
	<p>El paro de emergencia debe ser utilizado para paradas controladas sin preselección o para paradas de emergencia. El hongo mecánico de emergencia en el tablero se enclava y desenergiza el proceso por completo.</p>
	<p>La luz piloto verde indicará que el sistema está encendido y en funcionamiento.</p>
	<p>La luz piloto roja indicará que el sistema está detenido.</p>

Cuadro V
INDICADORES CON SU FUNCIONAMIENTO. ELABORADO POR AUTORES.

XI-J. Planos mecánicos

En este apartado están los planos de la máquina con dimensiones en centímetros.

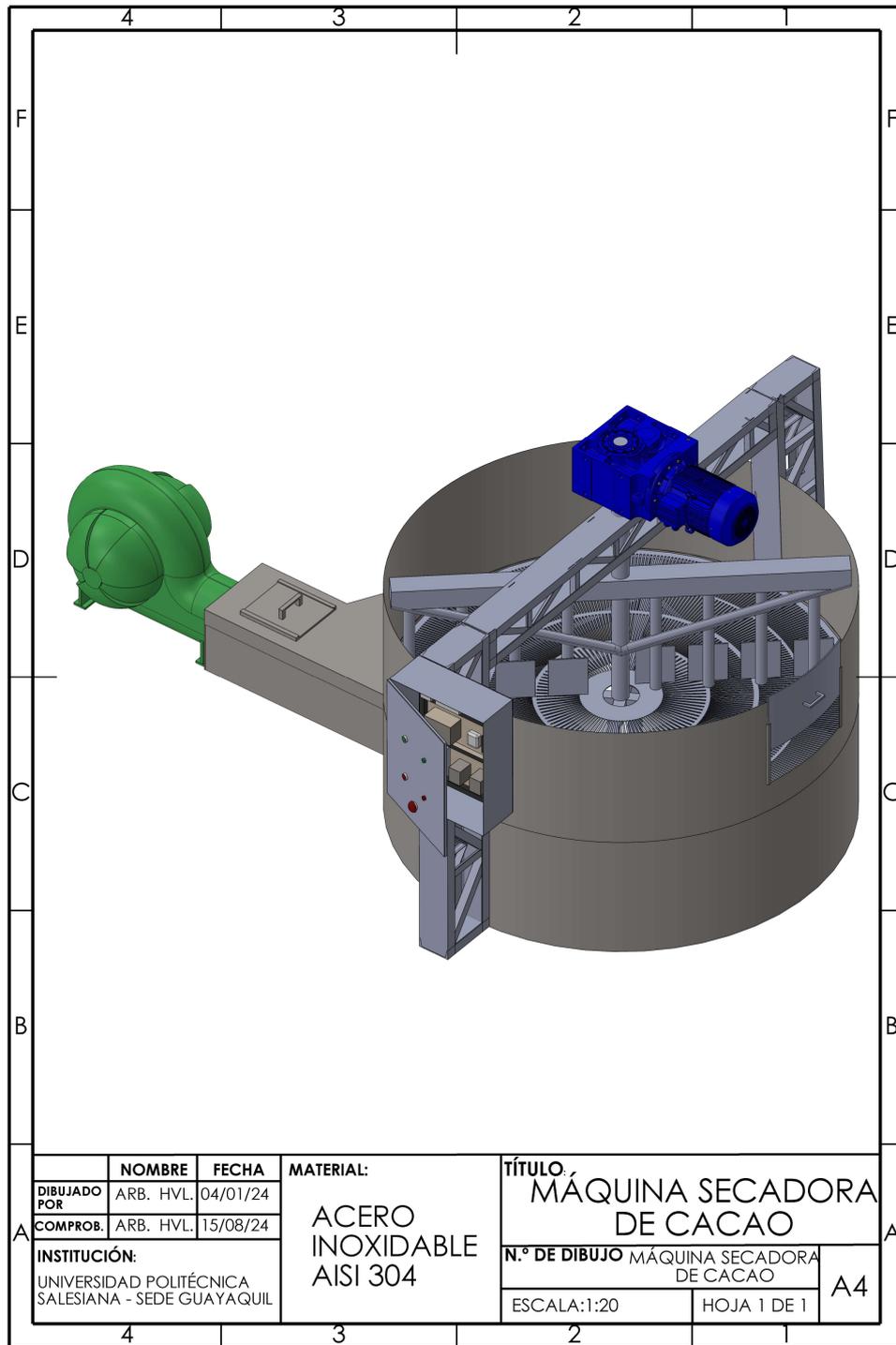


Figura 59. Plano Máquina secadora de cacao. Elaborado por autores.

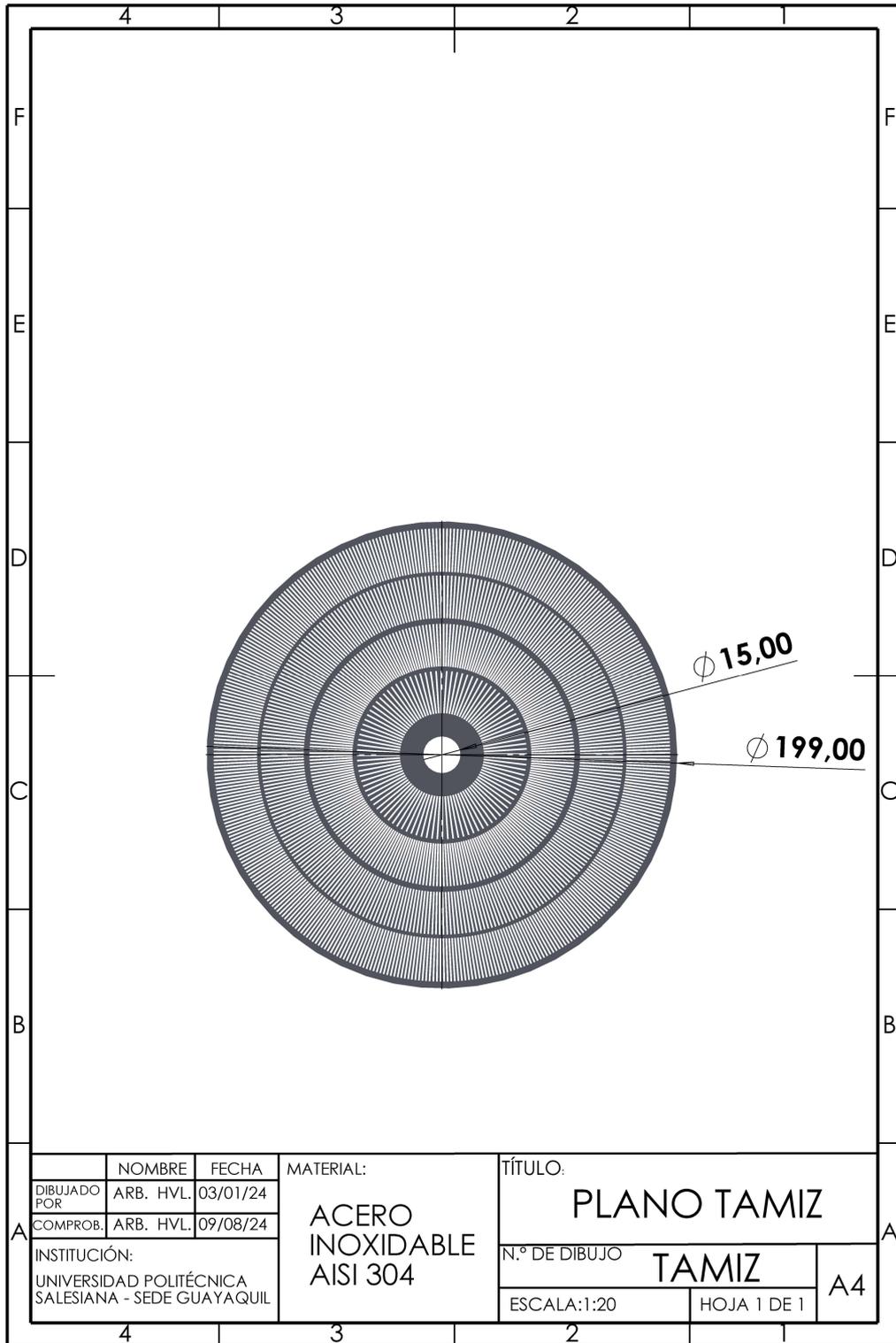


Figura 60. Plano de tamizera. Elaborado por autores.

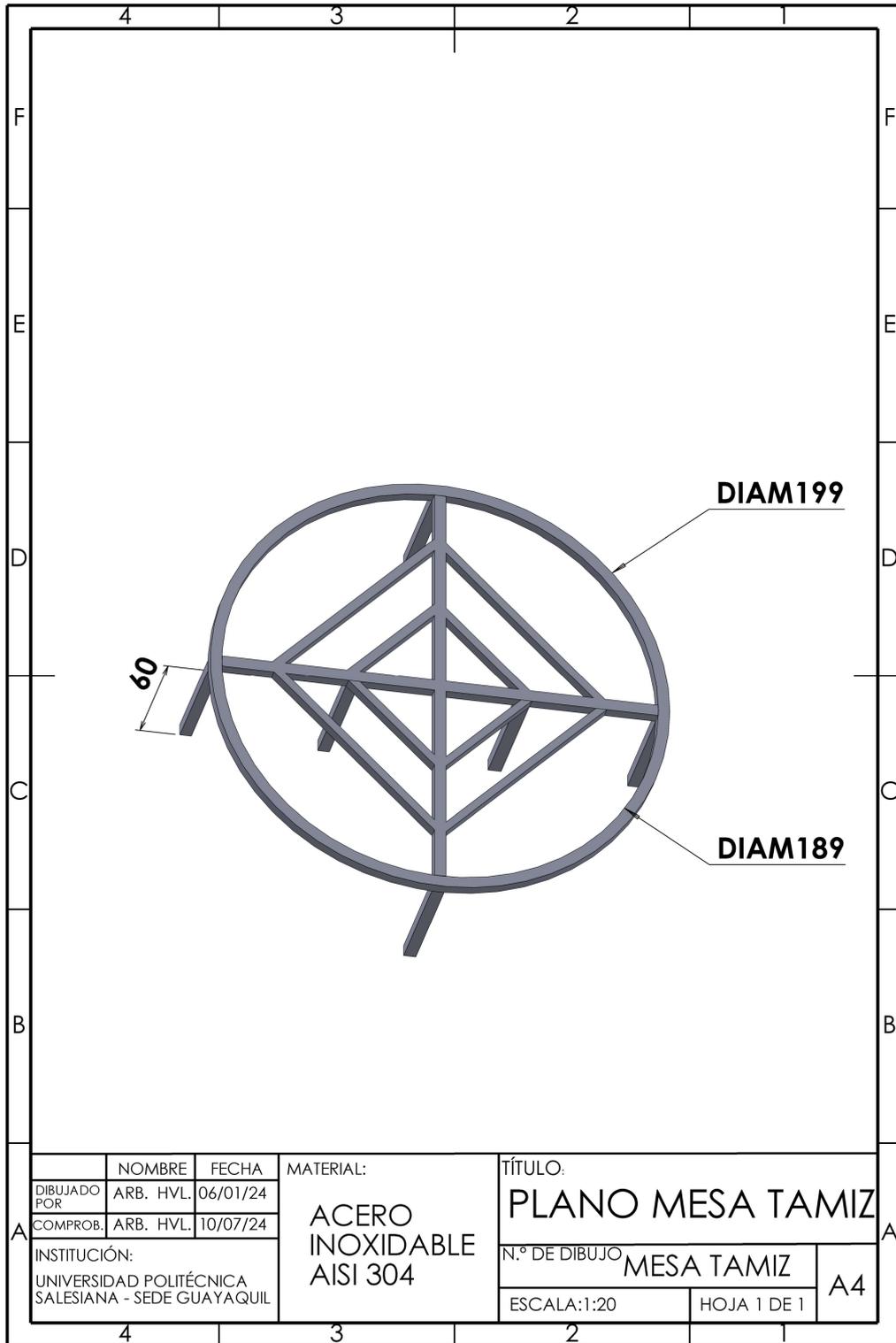


Figura 61. Plano de la mesa donde va la tamizera. Elaborado por autores.

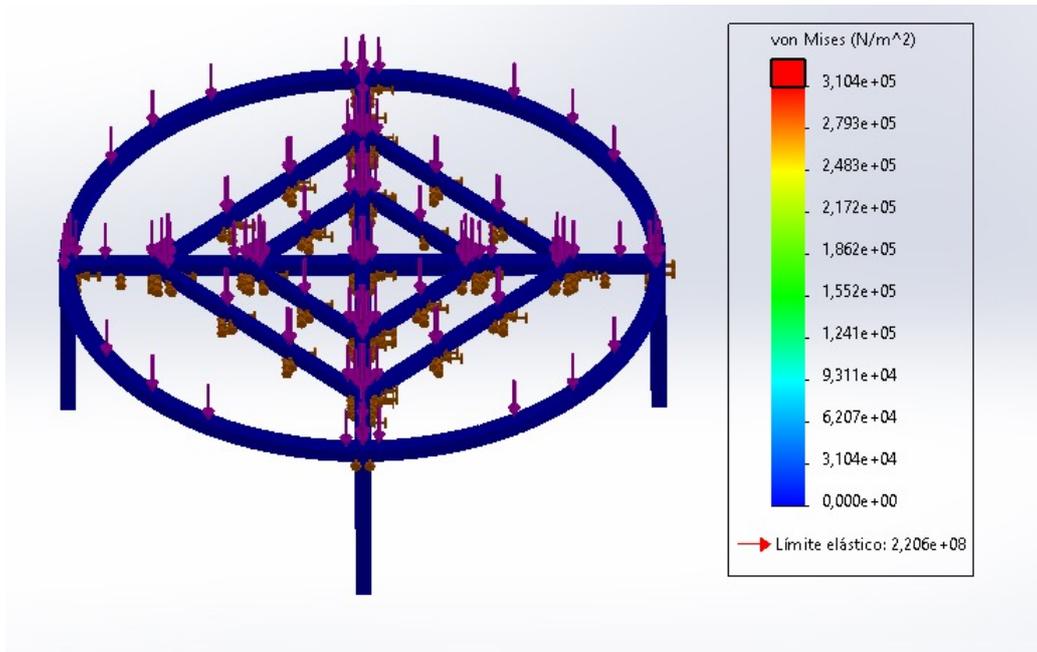


Figura 62. Simulación de carga en las aspas. Elaborado por autores.

Podemos notar que para una carga distribuida, no sufre de deformación la estructura.

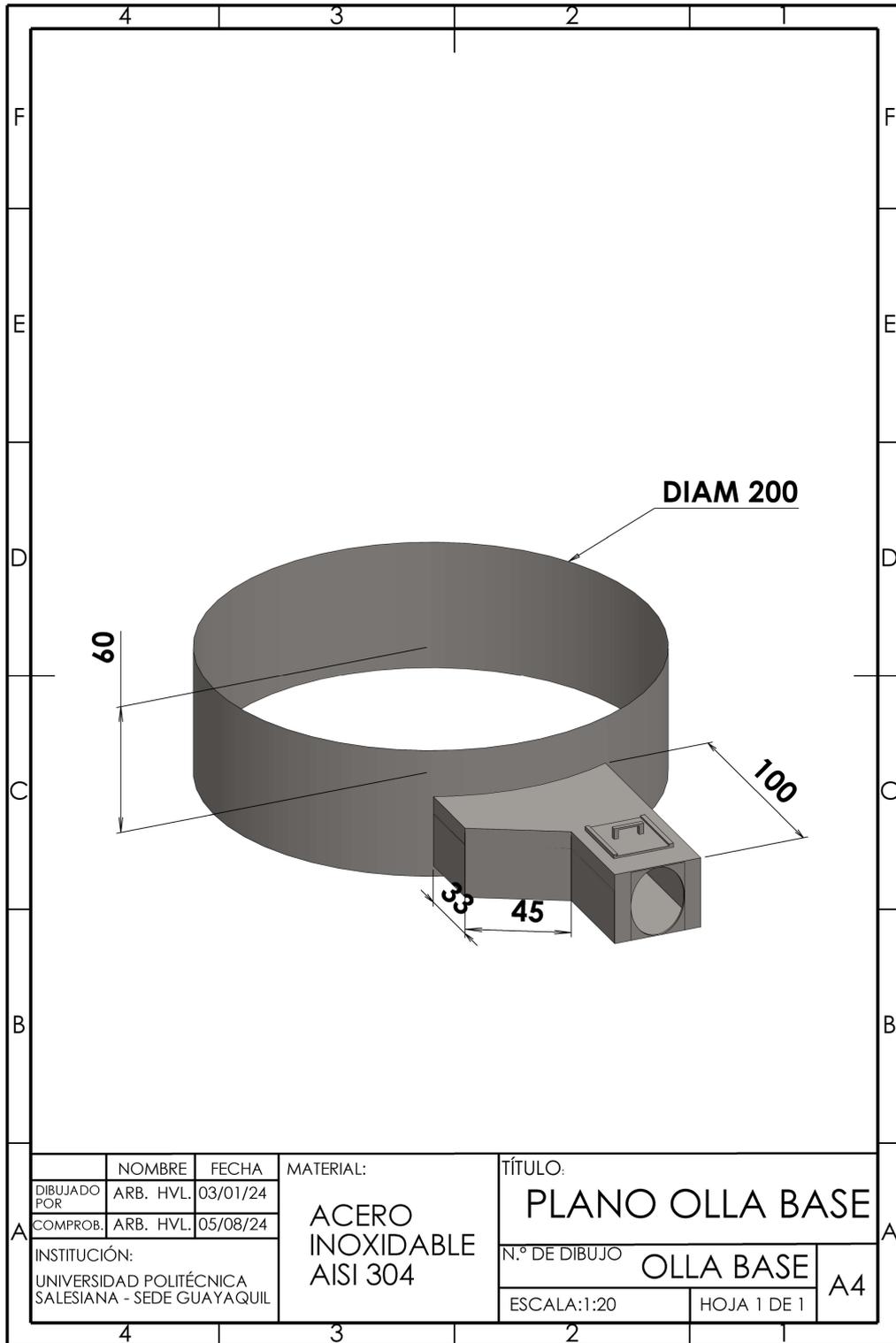


Figura 63. Plano olla base. Elaborado por autores.

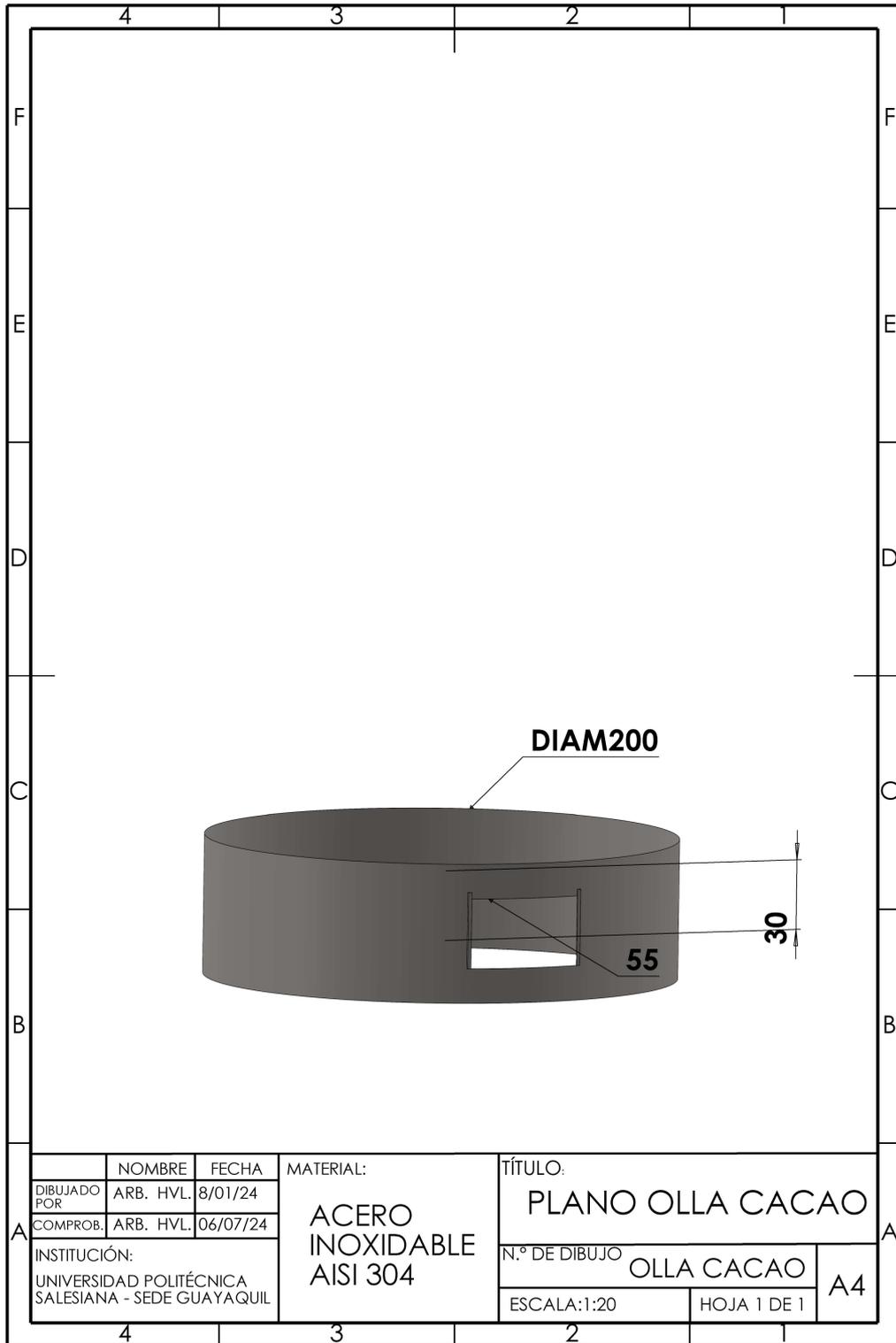


Figura 64. Plano olla superior. Elaborado por autores.

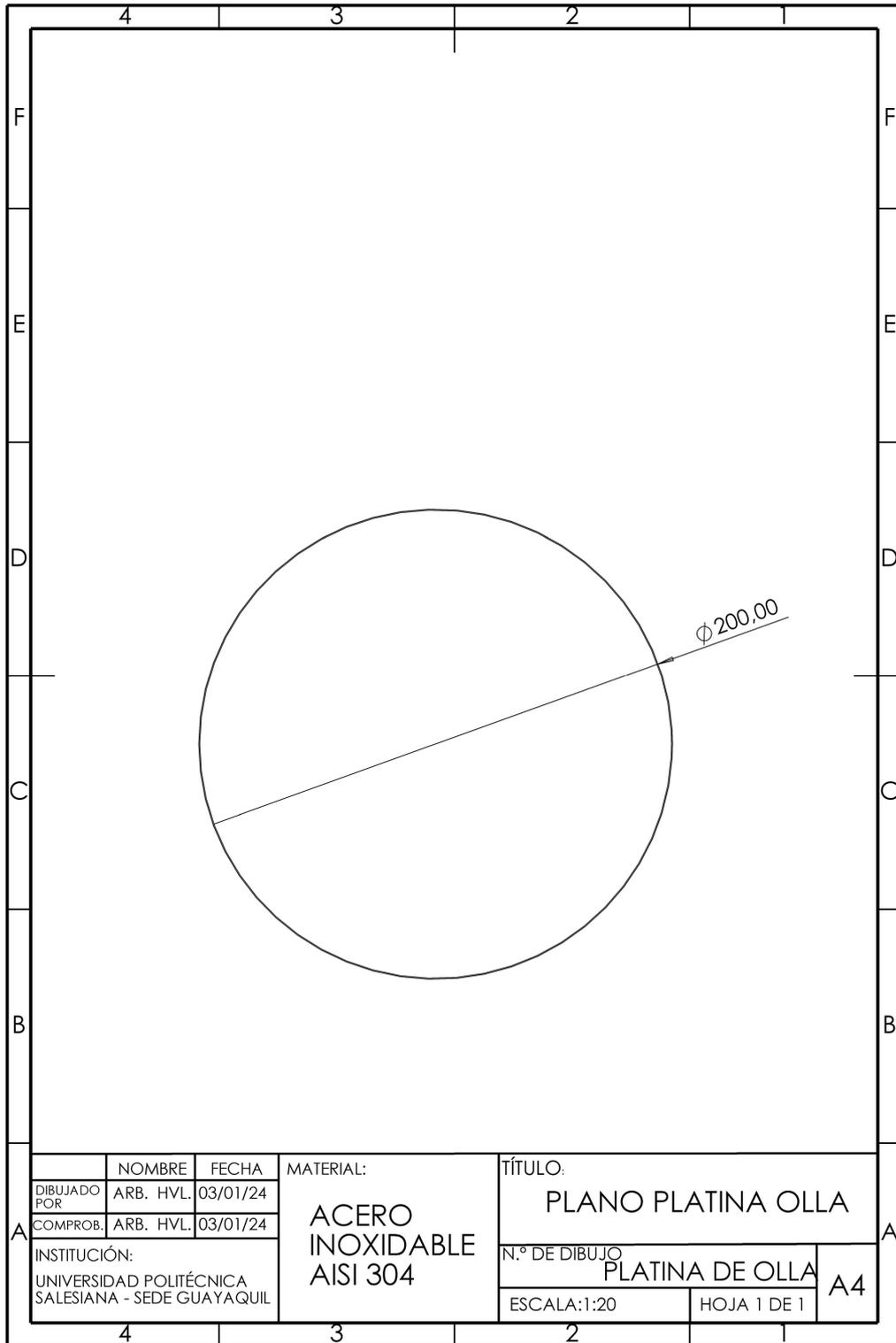


Figura 65. Plano platina borde de olla. Elaborado por autores.

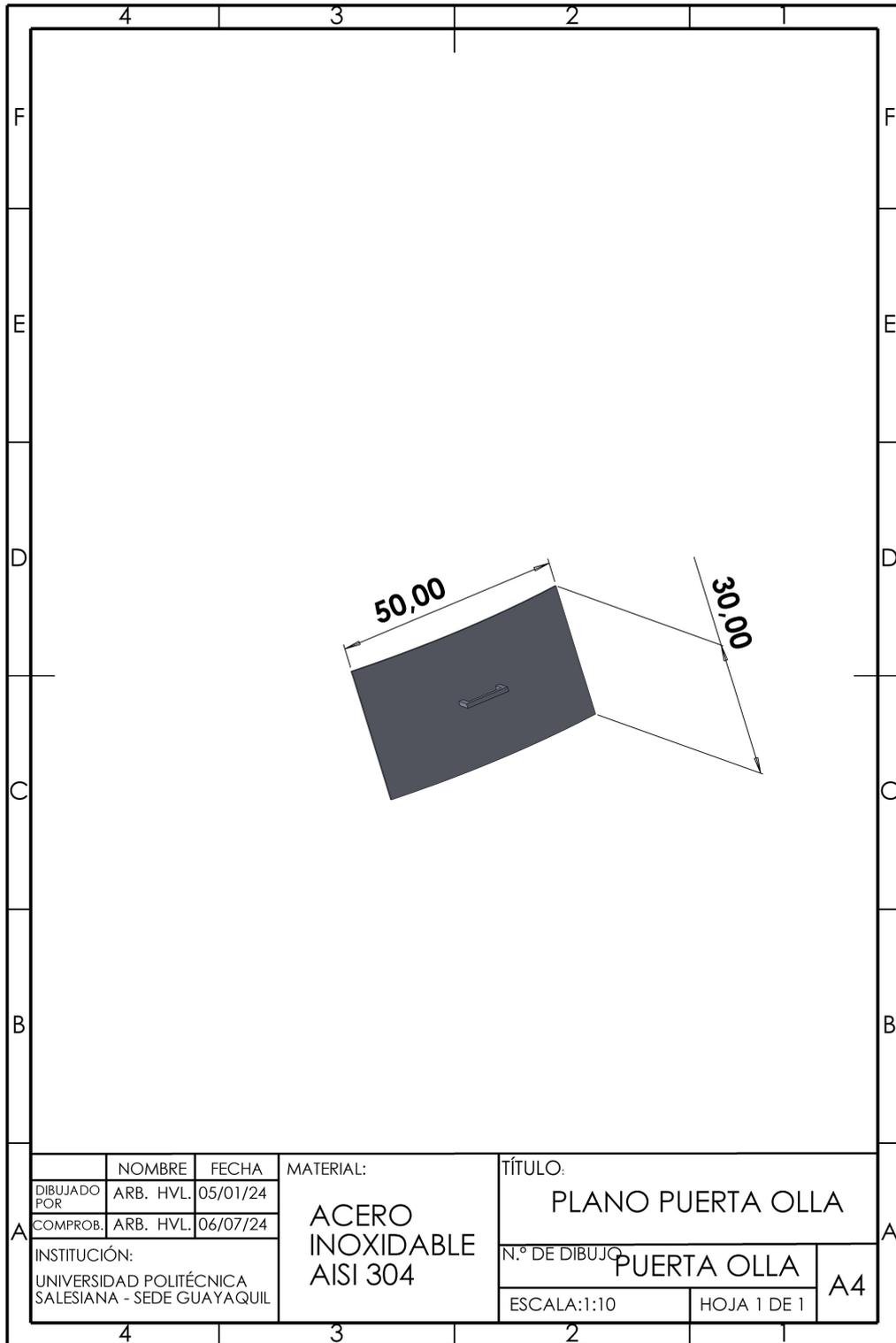


Figura 66. Plano puerta de olla base. Elaborado por autores.

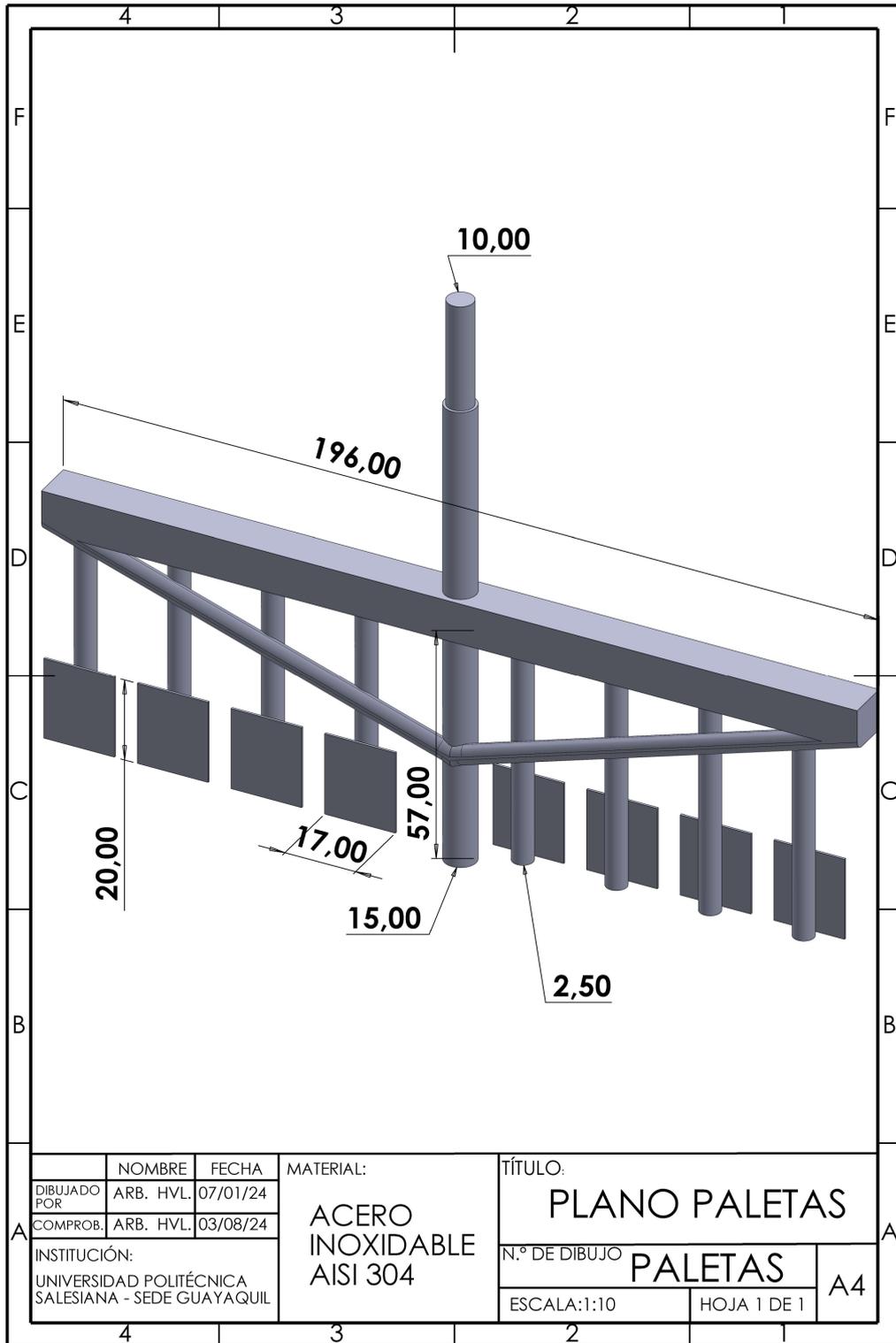


Figura 67. Plano de paletas. Elaborado por autores.

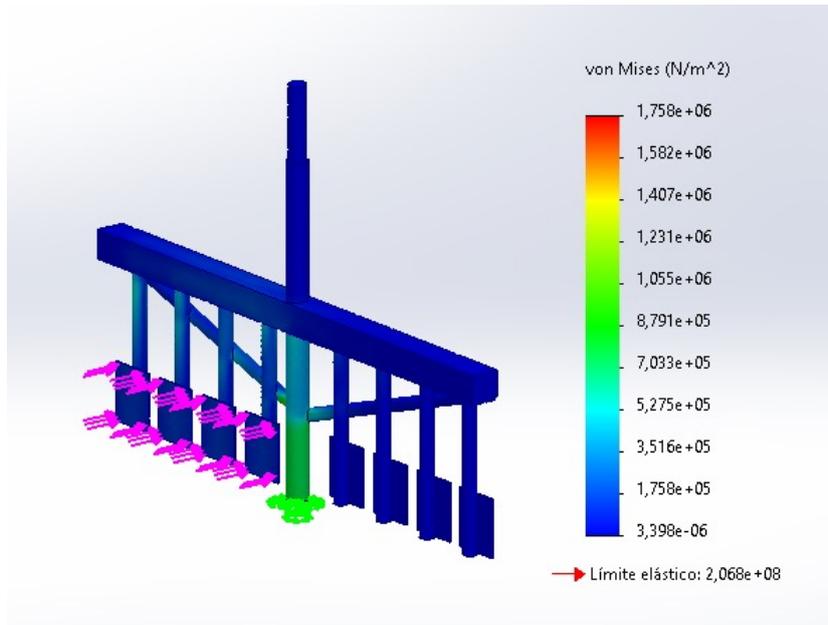


Figura 68. Simulación de carga en las aspas. Elaborado por autores.

Podemos notar que para una carga directa en un lado de las paletas, no sufre de deformación la estructura.

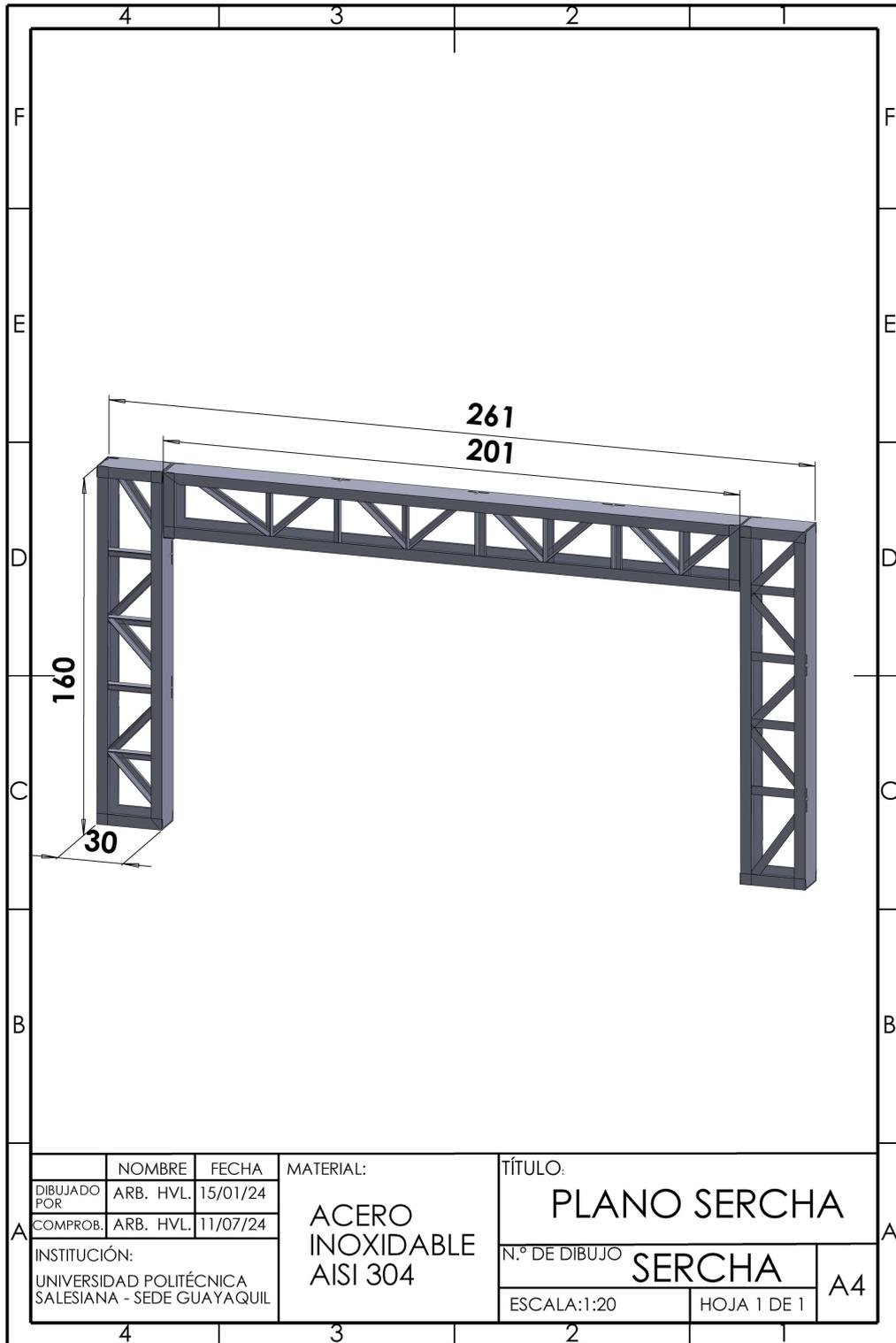


Figura 69. Plano sercha. Elaborado por autores.

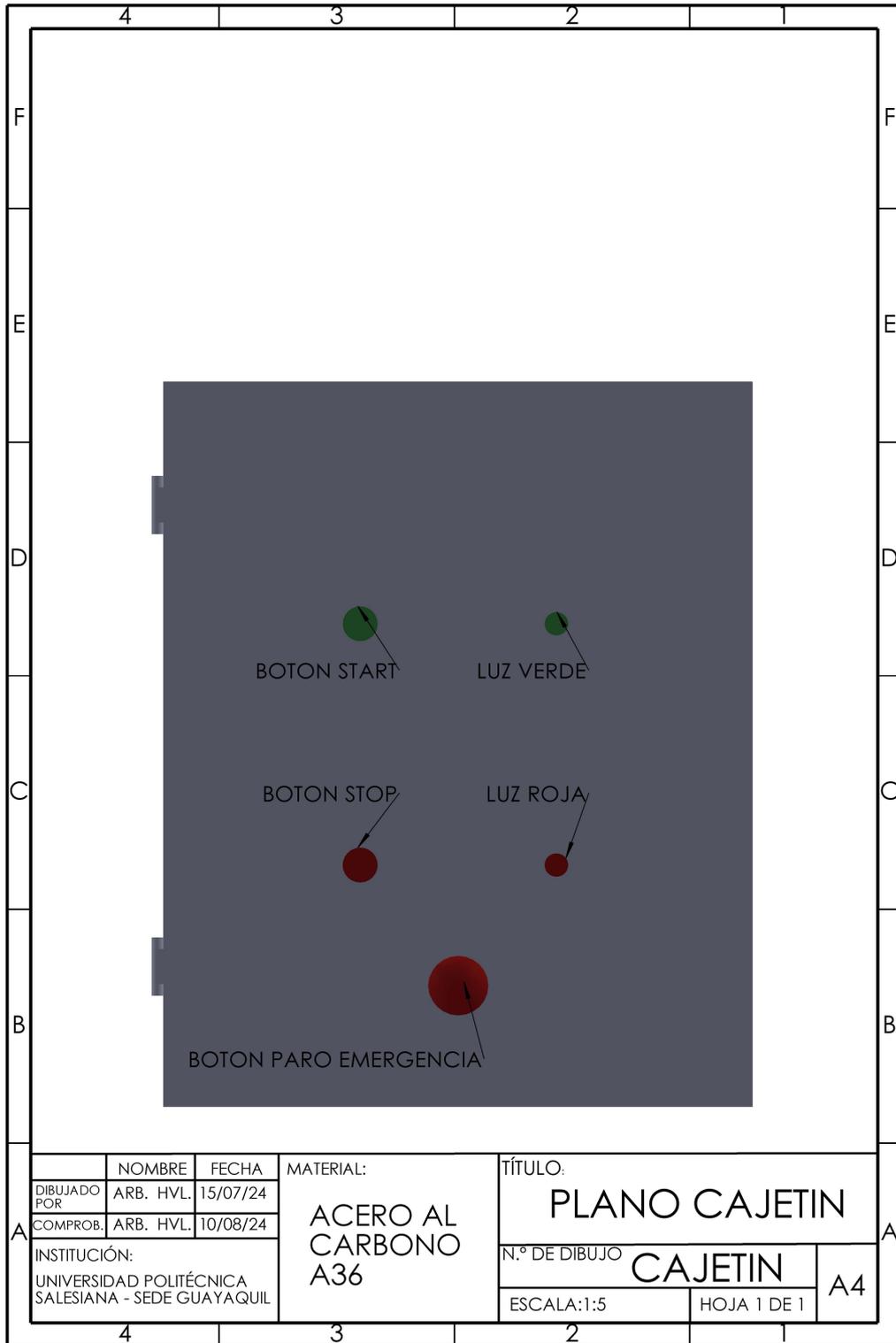


Figura 70. Plano cajetín. Elaborado por autores.

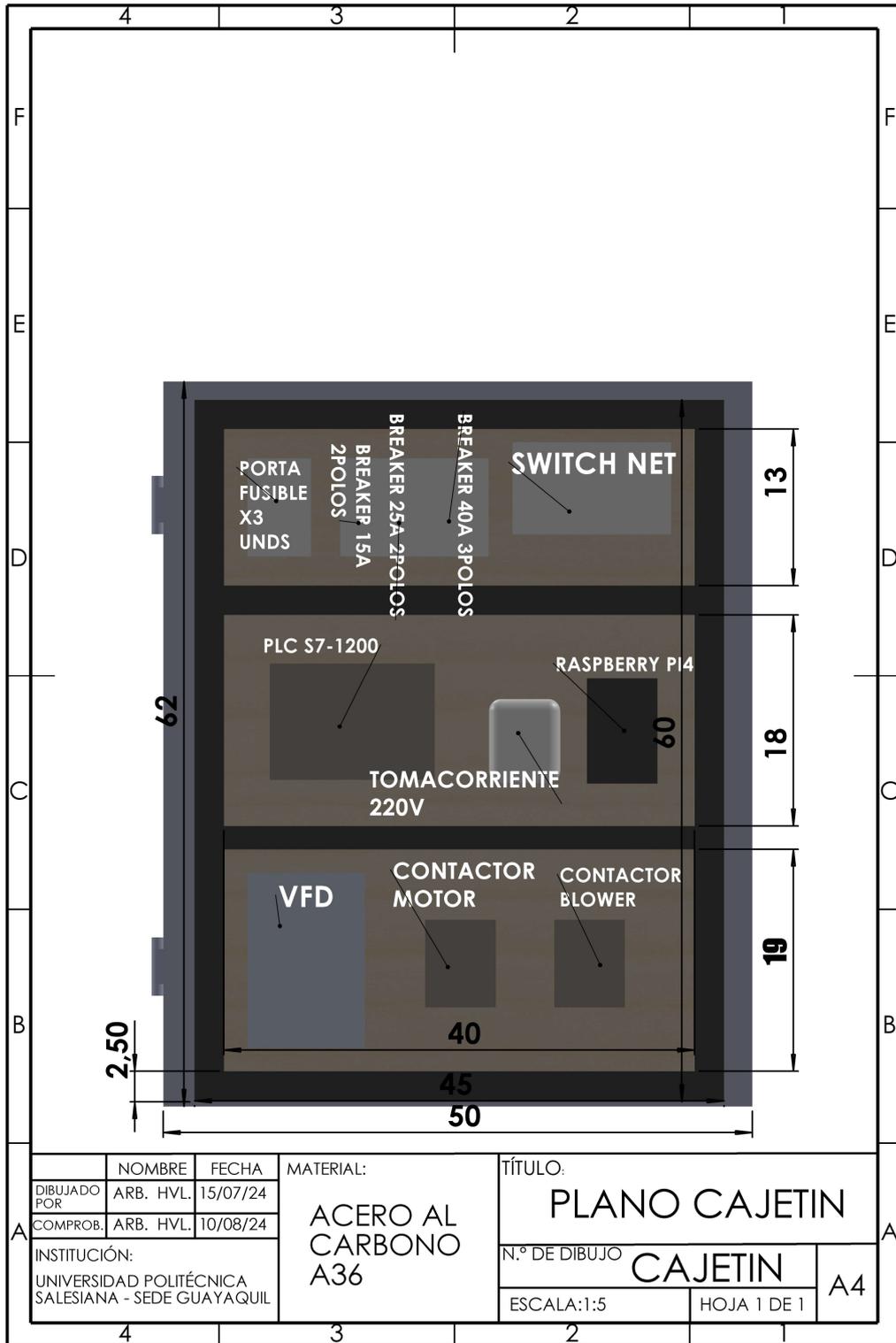


Figura 71. Plano cajetín abierto. Elaborado por autores.

XI-K. Planos eléctricos

En este apartado, mediante el software CADEe-SIMU, que es un programa para hacer diagramas o esquemas eléctricos y neumáticos, mediante esta herramienta se realizó los planos de corriente a cada componente y conexiones de comunicación al PLC (autómata).

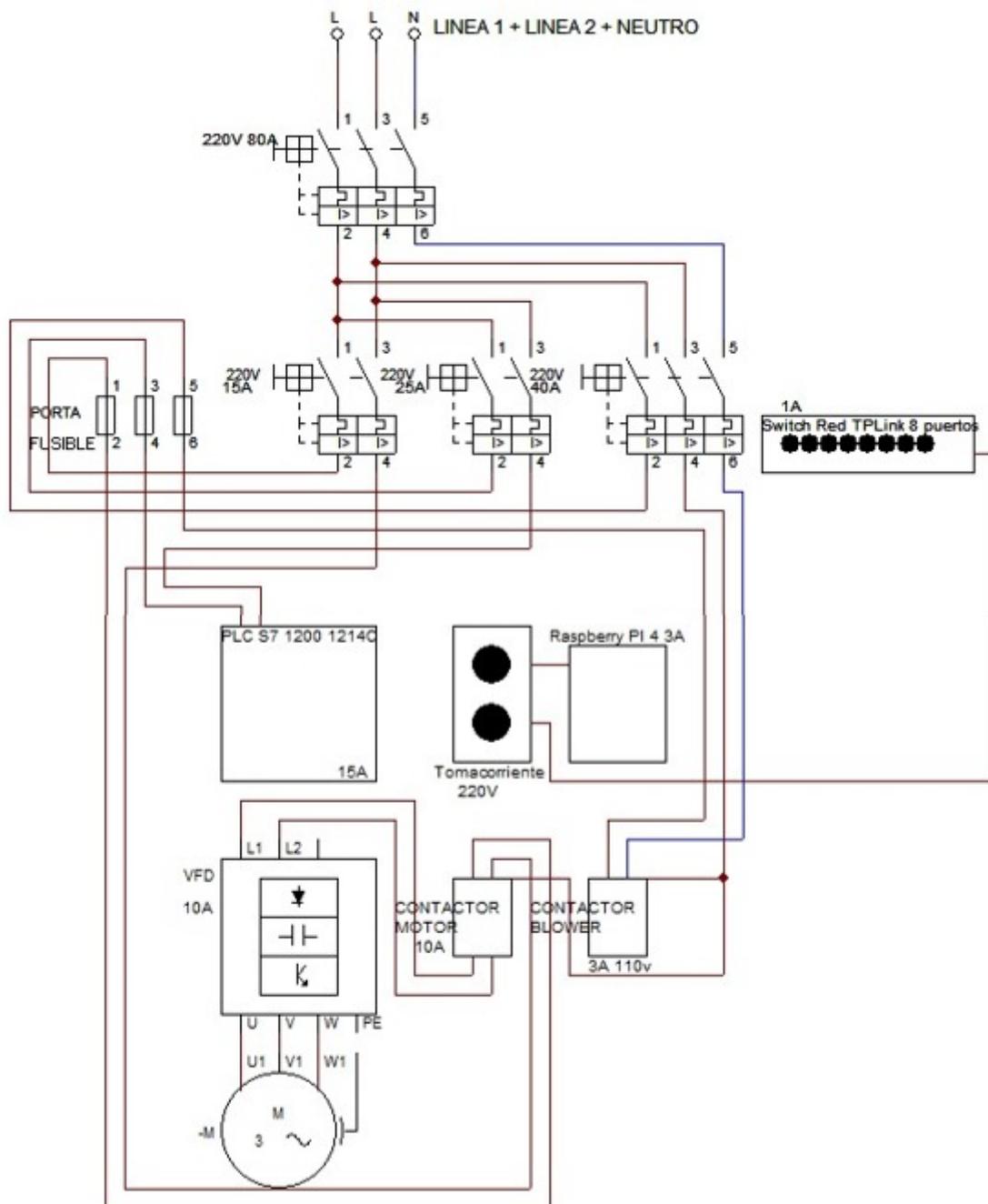


Figura 72. Plano eléctrico. Elaborado por autores.

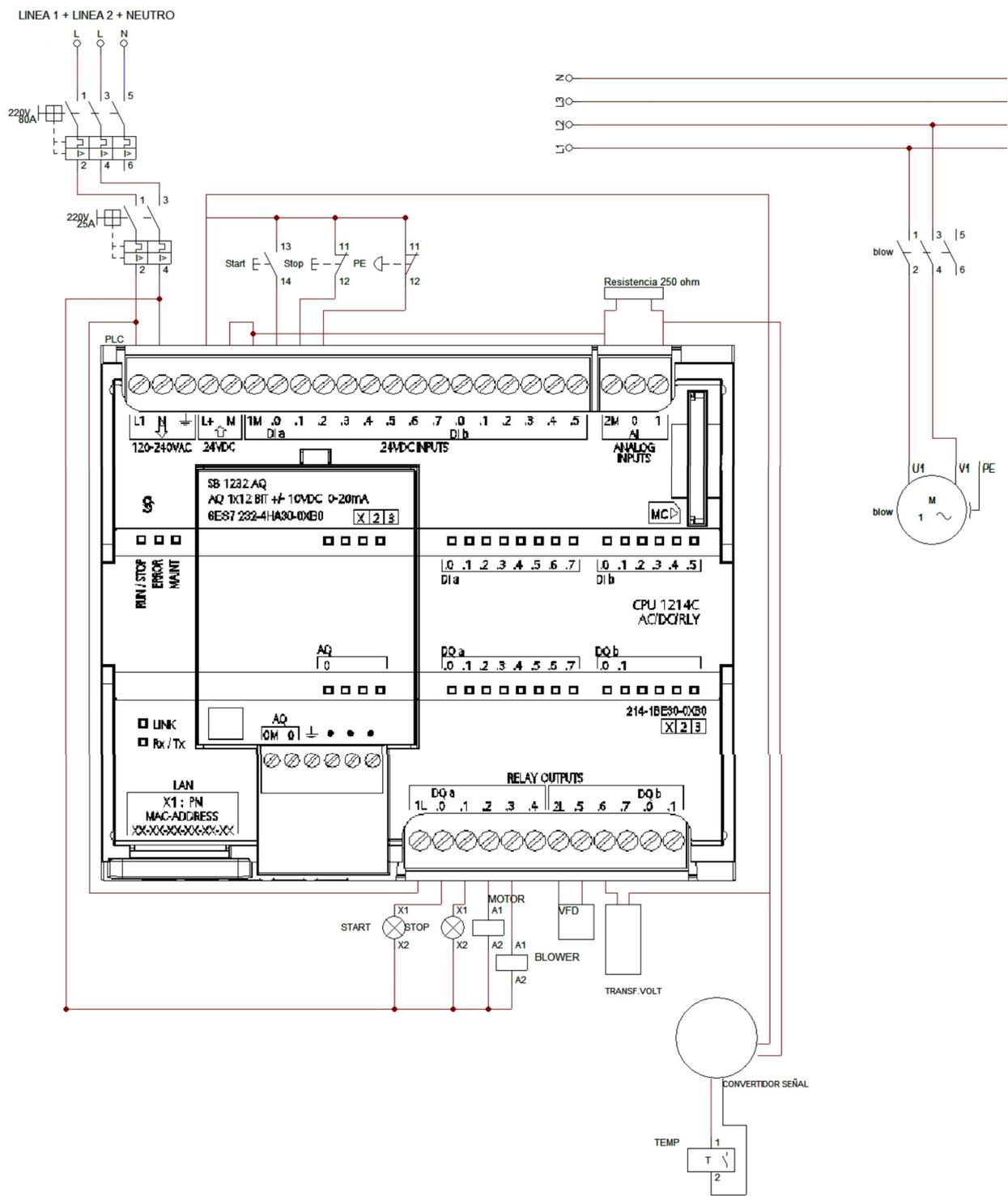


Figura 73. Plano conexiones al Plc. Elaborado por autores.

XI-L. Construcción máquina secadora de cacao

En este apartado están el paso a paso de cómo se construyó cada parte de la máquina, también está el ensamblaje de cada pieza, para concluir con la construcción final de la máquina.



Figura 74. Dobladora y roladora. Elaborado por autores.



Figura 75. Rolando olla. Elaborado por autores.



Figura 76. Olla sin soldar. Elaborado por autores.



Figura 77. Platina de la olla. Elaborado por autores.



Figura 78. Olla con platina. Elaborado por autores.



Figura 79. Puerta de la olla. Elaborado por autores.



Figura 80. Montaje de la puerta a la olla. Elaborado por autores.



Figura 81. Tamizera sin huecos. Elaborado por autores.



Figura 82. Dimensionamiento de los huecos en el tamiz. Elaborado por autores.



Figura 83. Huecos marcados en la tamizera. Elaborado por autores.



Figura 84. Limada del tamiz. Elaborado por autores.

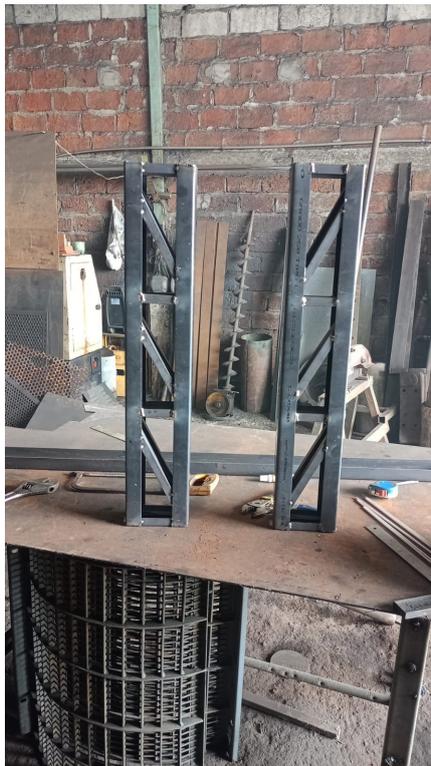


Figura 85. Construcción de la sercha parte a. Elaborado por autores.



Figura 86. Construcción de la sercha parte b. Elaborado por autores.



Figura 87. Construcción de la sercha parte c. Elaborado por autores.



Figura 88. Dimensionamiento patas de la mesa. Elaborado por autores.



Figura 89. Construcción de la mesa. Elaborado por autores.



Figura 90. Construcción de paletas parte a. Elaborado por autores.



Figura 91. Construcción de paletas parte b. Elaborado por autores.



Figura 92. Paletas acabadas. Elaborado por autores.



Figura 93. Removedores. Elaborado por autores.



Figura 94. Dimensionando chumacera parte a. Elaborado por autores.

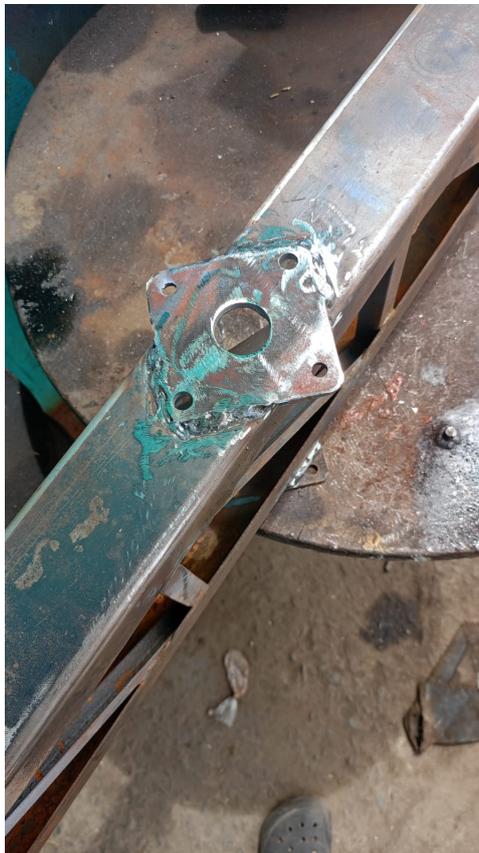


Figura 95. Dimensionando chumacera parte b. Elaborado por autores.



Figura 96. Conexiones de motor. Elaborado por autores.



Figura 97. Cuadrando motor. Elaborado por autores.



Figura 98. Cuadrando soporte de motor. Elaborado por autores.



Figura 99. Visual de ejes y paletas y motor. Elaborado por autores.



Figura 100. Medición de ducto con olla. Elaborado por autores.



Figura 101. Apertura de agujero en la olla . Elaborado por autores.



Figura 102. Construcción de ducto. Elaborado por autores.



Figura 103. Soldadura en uniones de ducto. Elaborado por autores.



Figura 104. Instalación de blower. Elaborado por autores.

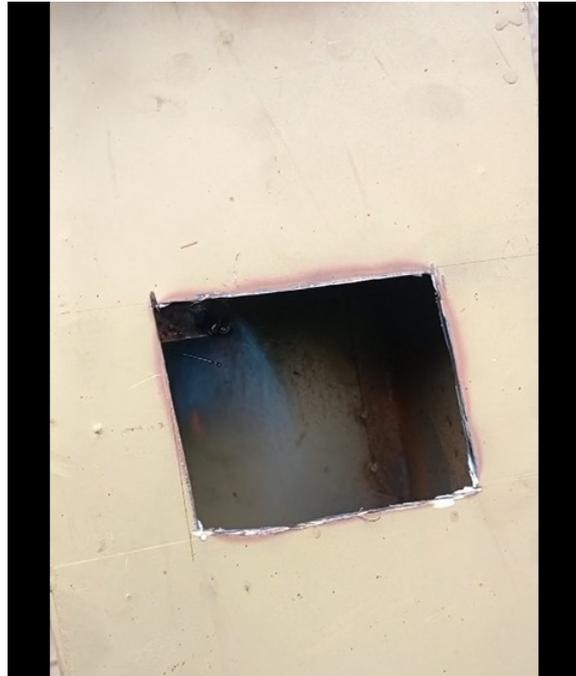


Figura 105. Transferencia de calor. Elaborado por autores.



Figura 106. Construcción de cajetín. Elaborado por autores.



Figura 107. Soldada de cajetín parte a. Elaborado por autores.



Figura 108. Soldada de cajetín parte b. Elaborado por autores.



Figura 109. Pintada de cajetín. Elaborado por autores.



Figura 110. Medición de tablero. Elaborado por autores.



Figura 111. Fondeada de la maquina. Elaborado por autores.



Figura 112. Fondeado de las serchas. Elaborado por autores.



Figura 113. Pintada de serchas. Elaborado por autores.



Figura 114. Pintada final máquina parte a. Elaborado por autores.



Figura 115. Pintada final máquina parte b. Elaborado por autores.



Figura 116. Acometida de Medidor parte a. Elaborado por autores.



Figura 117. Acometida de Medidor parte b. Elaborado por autores.