



UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA DESPULPADORA DE CACAO CON
TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA 4.0**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

Autor

Ruano Cañar Lenin Omar

Tutora

M.Sc. Topon Visarrea Blanca Liliana

QUITO– ECUADOR
2024

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo Lenin Omar Ruano Cañar declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “DISEÑO DE UNA MÁQUINA DESPULPADORA DE CACAO CON TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA 4.0”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 25 días del mes de octubre de 2024, firmo conforme:

Autor: Lenin Omar Ruano Cañar



Firma:

Número de Cédula:1722250188

Dirección: Pichincha, Quito, Cotocollao, Barrio San Enrique de Velasco N74 – 195.

Correo Electrónico: ruanolenin@hotmail.com / lruano2@indoamerica.edu.ec

Teléfono: +593998606128

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “DISEÑO DE UNA MÁQUINA DESPULPADORA DE CACAO CON TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA 4.0” presentado por Lenin Omar Ruano Cañar para optar por el Título de Ingeniero Industrial.

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Quito, 25 de octubre del 2024

.....
MSc. Topón Visarrea Blanca Liliana
1721114187

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Quito, 25 de octubre 2024



.....

Lenin Omar Ruano Cañar
1722250188

APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: DISEÑO DE UNA MÁQUINA DESPULPADORA DE CACAO CON TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA 4.0 previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Quito, 25 de octubre de 2024

.....

M.Sc. Hernán Fabricio Espejo Viñán
LECTOR

.....

M.Sc Pablo Elicio Ron Valenzuela
LECTOR

DEDICATORIA

A mis queridos padres: Este logro no habría sido posible sin su amor incondicional, su apoyo inquebrantable y su sacrificio desinteresado. Cada paso en este camino académico ha sido iluminado por su orientación, paciencia y aliento constante. Gracias por ser mi inspiración, mi roca y mi motivación para alcanzar mis sueños. Esta tesis es un tributo a su dedicación y al amor que siempre ha sido mi fuente de fortaleza.

AGRADECIMIENTO

Quiero dedicar unas palabras de profundo agradecimiento a mis padres, Antonio Ruano y Marina Cañar, así como a mi familia, por su constante apoyo y amor incondicional a lo largo de mi trayectoria académica. Vuestra confianza en mí y vuestro respaldo han sido la fuerza que me ha impulsado a superar obstáculos y perseguir mis metas con determinación.

También expresar mi más sincero agradecimiento a mis estimados docentes, cuya dedicación y compromiso con la enseñanza han enriquecido mi proceso de aprendizaje de manera significativa. Sus enseñanzas, orientación y valiosos consejos han sido fundamentales para mi crecimiento intelectual y profesional, y por ello les estaré siempre agradecido.

A mis seres queridos, amigos y seres cercanos, les agradezco de corazón por su apoyo incondicional, por creer en mí y por alentarme a seguir adelante en los momentos de dificultad. Vuestra presencia ha sido un pilar fundamental en mi vida, y este logro no habría sido posible sin vuestro constante ánimo y afecto.

Este trabajo no solo es el resultado de mi esfuerzo individual, sino también de la colaboración y el apoyo desinteresado de todas las personas que han estado a mi lado a lo largo de este camino. Gracias por acompañarme en esta travesía y por ser parte indispensable de mi historia.

INDICE DE CONTENIDOS

TEMA.....	i
AUTORIZACIÓN PARA EL REPOSITORIO DIGITAL	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN DE LECTORES.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes	8
Justificación	11
Objetivos.....	12
Objetivo general	12
Objetivos Específicos.....	12
CAPÍTULO II.....	13
INGENIERÍA DEL PROYECTO	13
Diagnóstico de la situación actual de la empresa.....	13
Cursograma analítico.....	16
Cursograma Analítico de proceso de despulpado de cacao	19
Análisis.....	19
Área de estudio.....	20
Modelo operativo	21
Identificación de etapas del proceso.....	22
Seleccionar etapa de proceso para el diseño de la máquina.....	22
Identificar elementos de la máquina.....	22
Elementos mecánicos de la máquina.....	23
Elementos eléctricos de la máquina	24
Pruebas de funcionamiento.	24
Resultados.	24
CAPÍTULO III	25
PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS.....	25
Diseño de la máquina despulpadora de cacao	29

Criterios para el diseño.....	29
Relación de transmisión	38
Dimensiones de la máquina.....	43
Cálculo de peso para la estructura de la máquina	47
Elementos eléctricos de control.....	49
Elementos de control y datos	54
Plataforma Iot.....	54
Diagrama de flujo de conexión de ESP32.....	59
Sensores para la máquina	59
Diagrama de conexión de sensores	65
Configuración de componentes en la plataforma Arduino Cloud.....	65
Programación	70
Dashboard – Interfaz de visualización de datos.....	73
Resultados esperados.....	75
Cronograma de actividades para la aplicación de la propuesta.....	76
Análisis de costos	77
CAPÍTULO IV	80
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80
Conclusiones	80
Recomendaciones:.....	81
BIBLIOGRAFIA	82
ANEXOS	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Países exportadores de cacao	5
Tabla 2 Datos Históricos de cosecha de cacao por mes en el año 2022.....	15
Tabla 3 Datos Históricos de cosecha de cacao por mes en el año 2023.....	16
Tabla 4 Cursograma Analítico de proceso de despulpado de cacao.....	19
Tabla 5 Área de estudio	20
Tabla 6 Características de Máquina despulpadora de cacao Origen Brasil.....	25
Tabla 7 Características de máquina despulpado de cacao de Origen Ecuador.....	26
Tabla 8 Característica de Máquina despulpadora de cacao procedencia Mexico	27
Tabla 9 Comparativo volumen de producción estimado de las máquinas	28
Tabla 10 Muestreo de tamaño de mazorca de cacao	30
Tabla 11 Propiedades mecánicas Cacao	31
Tabla 12 Características específicas del motor para la máquina	37
Tabla 13 Peso total de soporte que tiene la máquina.....	47
Tabla 14 Elementos eléctricos de control para el funcionamiento de la máquina	52
Tabla 15 Componentes principales para un sistema de IoT	55
Tabla 16 Características y descripciones que encontramos en Arduino Cloud.....	57
Tabla 17 Características Técnicas de un microcontrolador ESP32.....	58
Tabla 18 Tabla de Valor de costo de horas para el presente proyecto	77
Tabla 19 Tabla de costos de elementos de la máquina.....	77
Tabla 20 Valores total de implementación del proyecto	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Dron sobrevolando plantación	1
Figura 2 IoT en la agricultura	2
Figura 3 Cosecha de cacao en la plantación	3
Figura 4 Ubicación de Finca Santa Clara	6
Figura 5 Plantación de cacao CCN51	7
Figura 6 Área de recepción de cacao en baba	8
Figura 7 Etapas actuales de cosecha de pulpa de grano de cacao	9
Figura 8 Tanques de almacenamiento de baba de cacao	10
Figura 9 Cadena de proceso de cacao.....	13
Figura 10 Simbología para la elaboración de Cursograma analítico.....	18
Figura 11 Modelo operativo de la investigación	21
Figura 12 Toma de Muestras para el tamaño de la mazorca de cacao CCN-51.....	29
Figura 13 Ensayo de Corte de caco	31
Figura 14 Toma de dimensiones de la semilla de cacao.....	32
Figura 15 Tamaño de semilla de cacao en promedio	32
Figura 16 Características de Motorreductor	37
Figura 17 Relación de transmisión de movimiento por cadena.....	39
Figura 18 Diseño del Eje central de la máquina	40
Figura 19 Flecha de simulación de ángulo de torsión del eje.....	42
Figura 20 Selección de Chumacera para la transmisión de movimiento del eje	43
Figura 21 Selección de plancha de Metal expandido con la medida adecuada para el despulpado.....	44
Figura 22 Dimensiones de la tolva	45
Figura 23 Catálogo de Perfiles metálicos Dipac	46
Figura 24 Tolva de procesamiento para la pulpa de cacao.....	46
Figura 25 Dimensiones propuestas de la máquina despulpadora de cacao	48
Figura 26 Simulación de desplazamiento de la estructura de la máquina	49
Figura 27 Diagramas de eléctrico de la máquina despulpadora de cacao	50
Figura 28 Diagramas de eléctrico en operación de la máquina despulpadora de cacao	50
Figura 29 Descripción del internet de las cosas	54
Figura 30 IoT en la industria	55
Figura 31 Plataforma Arduino cloud.....	56
Figura 32 Microcontrolador ESP32.....	58

Figura 33 Diagrama de Flujo de Conexión de ESP32.....	59
Figura 34 Sensor infrarrojo de proximidad tipo switch ajustable E18-D50NK.....	60
Figura 35 Sensor contador infrarrojo.....	60
Figura 36 Ubicación de sensor S2 contador infrarrojo en la máquina	61
Figura 37 Dimensiones de recipiente de almacenamiento de semillas despulpadas de cacao	62
Figura 38 Relación Peso - Volumen del recipiente de almacenamiento	63
Figura 39 Sensor de temperatura y humedad módulo XH-W1209	64
Figura 40 Ubicación de temperatura y humedad en la máquina	64
Figura 41 Diagrama de conexión circuitos de control de datos	65
Figura 42 Creación del Proyecto en el software de la nube Arduino Cloud	65
Figura 43 Ingreso de componentes de recolección de datos en la plataforma de Arduino Cloud	66
Figura 44 Configuración de variables de ESP32 en Arduino Cloud.....	66
Figura 45 Configuración de Variables del Sensor S1 - Plataforma Arduino Cloud	68
Figura 46 Configuración de Variables del Sensor S2 - Plataforma Arduino Cloud	68
Figura 47 Configuración de Variables de temperatura y humedad - Plataforma Arduino Cloud	69
Figura 48 Componentes registrados en la plataforma de Arduino Cloud.	70
Figura 49 Programación del sensor S1 con el microcontrolador ESP32.....	71
Figura 50 Programación del sensor S2 con el microcontrolador ESP32.....	72
Figura 51 Programación del sensor temperatura y humedad con el microcontrolador ESP32	73
Figura 52 Dashboard - Ubicación de cuadros de datos Arduino Cloud.....	74
Figura 53 Cursograma Analítico - Aplicando la máquina despulpadora de cacao	75
Figura 54 Cronograma de actividades de la propuesta.....	76

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Aprobación Abstract departamento de idiomas.....	85
Anexo 2 Tabla de costos mensualizados de mano de obra vigente al 2024.....	86
Anexo 3 Lámina Conjunto de máquina despulpadora de cacao.....	87
Anexo 4 Lámina de Estructura tubular.....	88
Anexo 5 Lámina Ejes de cuchilla de corte	89
Anexo 6 Lámina Eje interior Tolva.....	90
Anexo 7 Lámina Tolva de procesamiento.....	91
Anexo 8 Lámina Tolva de ingreso de mazorcas de cacao – parte superior.....	92
Anexo 9 Lámina Tolva de ingreso de mazorcas - parte inferior	93
Anexo 10 Lámina Recubrimiento lateral de la Máquina despulpadora de cacao	94
Anexo 11 Lámina Recipiente almacenador.....	95
Anexo 12 Lámina Diagrama eléctrico de la máquina	96

UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**TEMA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA DESPULPADORA DE CACAO CON
TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA 4.0**

AUTOR(A): Lenin Omar Ruano Cañar

TUTOR (A): M.Sc Liliana Blanca Topón Visarrea

RESUMEN EJECUTIVO

En la finca Santa Clara, se ha identificado la necesidad de optimizar el proceso de despulpado del cacao. Actualmente, el proceso se realiza manualmente, involucrando a 12 personas subcontratadas por mano de obra, durante un período de 3 días para obtener la semilla despulpada. Este análisis muestra que es crucial mejorar el proceso y reducir los tiempos de producción del despulpado de la mazorca de cacao, lo cual influye directamente en la calidad del producto final. Nuestro objetivo principal es diseñar una máquina automatizada que integre tecnologías de la Industria 4.0 para agilizar el proceso de despulpado, disminuyendo el tiempo de operación y mejorando la calidad de la semilla de cacao obtenida.

Para validar esta propuesta, planteamos que la implementación de la máquina despulpadora de cacao reducirá los tiempos de procesamiento en un 49.20% y aumentará la capacidad de producción en un 50.46%, mejorando también la calidad del producto final al automatizar el proceso. La metodología empleada incluye la evaluación de la situación actual de la finca y el diseño de la máquina adaptado a sus condiciones específicas. Como principales resultados, hemos obtenido un diseño detallado de la máquina despulpadora, la selección de los componentes tecnológicos adecuados y la validación del diseño para asegurar su funcionamiento eficiente en la finca.

La implementación de tecnología de la Industria 4.0 en el proceso de despulpado de cacao aporta beneficios significativos en eficiencia, calidad y competitividad. Este proyecto moderniza los procesos agroindustriales con tecnologías avanzadas. El diseño de la máquina con IoT permite evaluar la capacidad productiva en tiempo real. Los sensores S1-E18-D50NK y S2-E18-D50NK contabilizan el número de mazorcas y semillas procesadas, mientras que el sensor XH-W1209 monitoriza la temperatura y el porcentaje de operación de la máquina. Estos datos son gestionados por un microcontrolador ESP32, que envía la información a la nube para su visualización en el dashboard de Arduino Cloud, accesible desde cualquier dispositivo con conexión a internet.

DESCRIPTORES: Aumento de producción. Diseño de máquina, Industria 4.0, Reducción de costos

INDOAMERICA UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING
INDUSTRIAL ENGINEERING CAREER

TOPIC: DESIGN OF A COCOA PULPPING MACHINE WITH INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGY

AUTHOR: Lenin Omar Ruano Cañar

TUTOR (A): M.Sc Liliana Blanca Topón Visarrea

DESIGN OF A COCOA PULPER MACHINE WITH INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGY

The Santa Clara farm has deemed optimizing the cocoa stripping process necessary. Currently, the process is done manually involving 12 subcontracted people for 3 days to obtain the pulped seed. The analysis highlights the importance of improving the process and reducing production times for cocoa husk stripping, which impacts the final product's quality. Our main aim is to create an automated machine incorporating Industry 4.0 technologies to simplify the pulping process, reduce the operating time, and improve the quality of the cocoa seed obtained. To validate this proposal, we propose implementing a cocoa pulper machine that will reduce processing times by 49.20%, and increase production capacity by 50.46%, furthermore will improve the quality of the final product by automating the process. The methodology employed involves assessing the present situation of the farm and adjusting the machine design to its specific conditions. As the main results, we have obtained a detailed design of the pulper machine selection of appropriate technological components and design validation to ensure efficient operation on the farm. Significant improvements in efficiency, quality, and competitiveness can be achieved by implementing Industry 4.0 technology in the cocoa stripping process. This project modernizes agro-industrial processes with advanced technologies. Machine design with IoT allows real-time production capacity assessment of the S1-E18-D50NK and S2-E18-D50NK sensors counting the number of cob and processed seeds while the XH-W1209 sensor monitors the temperature and operating percentage of the machine. These data are managed by an ESP32 microcontroller, The information is transmitted to the cloud to be displayed on the Arduino Cloud dashboard, which can be accessed from any device with an internet connection.

KEYWORDS: Cost reduction, increased production, Industry 4.0, machine

(Anexo 1 Aprobación Abstract departamento de idiomas)

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La adopción de tecnologías avanzadas en el contexto de la Industria 4.0 está impulsando una transformación significativa en la agricultura. Este cambio, conocido como agricultura 4.0, se distingue por la aplicación de dispositivos conectados, sensores inteligentes y análisis de datos avanzados para mejorar todas las etapas del proceso agrícola.

Según Sergieieva (2023), las innovaciones tecnológicas como la robótica, los drones y el software de visión por computadora están redefiniendo la agricultura moderna al brindar a los agricultores herramientas para hacer frente a la creciente demanda de alimentos.

Figura 1

Dron sobrevolando plantación



Nota: Dron industrial sobrevolando plantación, escaneando estado de actual del crecimiento de las plantas. Recuperado de: Industriaalimentaria.org. <https://www.industriaalimentaria.org/blog/contenido/la-agricultura-inteligente-como-la-industria-4-0-esta-cambiando-la-forma-en-que-cultivamos-los-alimentos>

Empresas de todo el mundo están desarrollando drones, cosechadoras robóticas, tractores autónomos, sistemas de riego automático y robots de siembra. Aunque estas tecnologías son relativamente nuevas, cada vez más empresas agrícolas tradicionales las están adoptando en sus operaciones.

La Agricultura 4.0 marca una nueva etapa en el sector agroalimentario, representando un cambio significativo. Investigaciones llevadas a cabo en Italia subrayan

su estrecha relación con la sostenibilidad, destacando la importancia estratégica del enfoque de la Agricultura 4.0. Este modelo ofrece a las empresas del sector la capacidad de desarrollar productos agrícolas sostenibles, abordando desafíos ambientales, sociales y económicos mediante la fusión de datos y tecnología, que incluye el Internet de las cosas (IoT).

Figura 2

IoT en la agricultura



Nota : Iot Internet de las cosas aplicado en la industria agrícola Referencia de : D. (n.d.). La agricultura y el Internet de las Cosas | Dignal. Recuperado de : <https://dignal.com/la-agricultura-y-el-internet-de-las-cosas/>

La introducción del Internet de las cosas (IoT) en la agricultura tiene la ventaja de reducir el consumo de energía en una variedad de procesos agrícolas, como la extracción de agua, el procesamiento y almacenamiento de alimentos, el funcionamiento de máquina, la aplicación de fertilizantes, así como en el transporte y la distribución.

La incorporación de la tecnología IoT en el sector agrícola ofrece numerosos beneficios, incluyendo la posibilidad de supervisar en tiempo real el crecimiento de los cultivos y las condiciones del entorno, la optimización del uso de recursos, la mejora en la calidad de los productos agrícolas, el incremento de la productividad y la disminución de costos. Además, esta tecnología proporciona una mayor seguridad para los agricultores y contribuye a mejorar la sostenibilidad al reducir el desperdicio de recursos y mitigar el impacto ambiental. Llerena, (2021)

De igual manera, el IoT puede utilizarse para monitorear el clima, las condiciones del suelo (como la humedad), la calidad del aire, la salud de los cultivos y hasta para

seguir la cadena de suministro. Se destaca el uso generalizado de sensores para monitorear aspectos como la calidad del suelo, el desarrollo de los cultivos, las condiciones climáticas, la ubicación y el estado de la máquina, y la recopilación de información de mercado y la transmisión de datos.

Este enfoque implica que la agricultura del futuro se fundamentará en tecnologías disruptivas, lo que permitirá a las empresas mejorar su eficiencia, lograr niveles de rentabilidad y comprometerse con la preservación del medio ambiente. En Ecuador, las PYMES enfrentan dificultades importantes en su progreso tecnológico. La mayoría de estas empresas continúan empleando tecnologías manuales y tienen un bajo nivel de adopción de tecnologías avanzadas, a pesar de la tendencia global hacia la Industria 4.0, que busca agregar valor a la producción y los servicios.

El sector agrícola, esencial para la economía de Ecuador, también sufre de este retraso tecnológico. La agricultura requiere una gran cantidad de mano de obra calificada y no calificada. Sin embargo, algunos expertos señalan que la transformación y el agregado de valor de la industria son insuficientes, lo que obstaculiza el progreso de la industria (Oñate et al., 2021).

A pesar de estas dificultades, Ecuador se ha convertido en uno de los países principales exportadores de cacao en la región, enfocándose en mejorar la calidad y disminuir los costos de producción. El sector agrícola ha experimentado ideas innovadoras como resultado de este impulso, que también ha contribuido al desarrollo y refinamiento de procesos industriales relacionados.

Figura 3

Cosecha de cacao en la plantación



Nota: Grupo de personas, en cosecha de mazorca de cacao. Recuperado de: Revista Lideres Ec. 2018. <https://www.revistalideres.ec/lideres/cacao-ecuadoriano-historia-empezo-siglo.html>

A medida que la agricultura avanza hacia una era más tecnológica, también surgen desafíos y oportunidades adicionales para los agricultores ecuatorianos. La introducción de tecnologías avanzadas, como la robótica y la inteligencia artificial, plantea la necesidad de capacitación y adaptación por parte de los agricultores locales.

El escaso acceso a la educación y la capacitación en tecnología agrícola puede ser un obstáculo significativo para la adopción generalizada de estas nuevas herramientas, especialmente para los pequeños agricultores que carecen de recursos y apoyo institucional (González et al., 2022).

Además de los desafíos presentados por la falta de acceso a la educación y capacitación en tecnología agrícola, los agricultores ecuatorianos también se enfrentan a la creciente presión ambiental debido al cambio climático y la variabilidad ambiental. La disponibilidad de agua, la gestión de plagas y enfermedades, y la adaptación a condiciones climáticas cambiantes son preocupaciones clave para los agricultores en todas las regiones del país (Pacheco et al., 2020).

Las tecnologías agrícolas innovadoras pueden influir en la reducción de los efectos perjudiciales del cambio climático, y aumentan la productividad y la sostenibilidad de la agricultura a largo plazo. Por otro lado, para los agricultores ecuatorianos, el acceso al mercado y la competitividad internacional son importantes, especialmente en sectores como el cacao, donde la demanda y los precios están sujetos a fluctuaciones en los mercados mundiales.

En un mundo globalizado y altamente competitivo, adoptar tecnologías innovadoras y mejorar la eficiencia de la producción puede marcar la diferencia entre el éxito y el fracaso para muchos agricultores. (Vega et al., 2023). Además, la agricultura en Ecuador se enfrenta a nuevos desafíos debido al cambio climático y la variabilidad ambiental. Los agricultores en todas las regiones del país están muy preocupados por la disponibilidad de agua, la gestión de plagas y enfermedades y la adaptación a los cambios climáticos. Las tecnologías agrícolas de vanguardia pueden mejorar la productividad y la sostenibilidad a largo plazo de la agricultura y mitigar los efectos negativos del cambio climático. (Pacheco et al., 2020).

Según Eurococoa (2024) actualmente, el cacao se cultiva en más de 35 países, ocupando un área de entre 3.5 y 4.5 millones de hectáreas. Esta superficie de cultivo

genera aproximadamente 3.5 millones de toneladas de cacao en grano anualmente. Entre los principales productores de cacao en grano se encuentran los que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

Países exportadores de cacao

UBICACIÓN	CANTIDAD
Costa de Marfil	2.019 mil ton.
Ghana	970 mil ton.
Indonesia	290 mil ton.
Ecuador	270 mil ton.
Cameron	240 mil ton.
Brasil	174 mil ton.
Nigeria	230 mil ton.
Perú	110 mil ton.
República Dominicana	75 mil ton.

Nota: Eurococoa. (s.f.). Historia del cacao: el cacao como materia prima - Cocoa Story: cultivo, comercio y transporte. Recuperado de: <https://www.eurococoa.com/es/historia-del-cacao-el-cacao-como-materia-prima/cocoa-story-cultivo-comercio-y-transporte/>

En Ecuador, la producción de chocolate y el cultivo de cacao han experimentado un notable crecimiento y reconocimiento a nivel nacional e internacional. Según Ec Pro-Ecuador (2018). Actualmente Ecuador es uno de los principales productores a nivel mundial produciendo 300,000 toneladas al año, el crecimiento ha sido del 110% durante los 10 años esta cadena de valor ha beneficiado a más de 600,000 familias en todo el país.

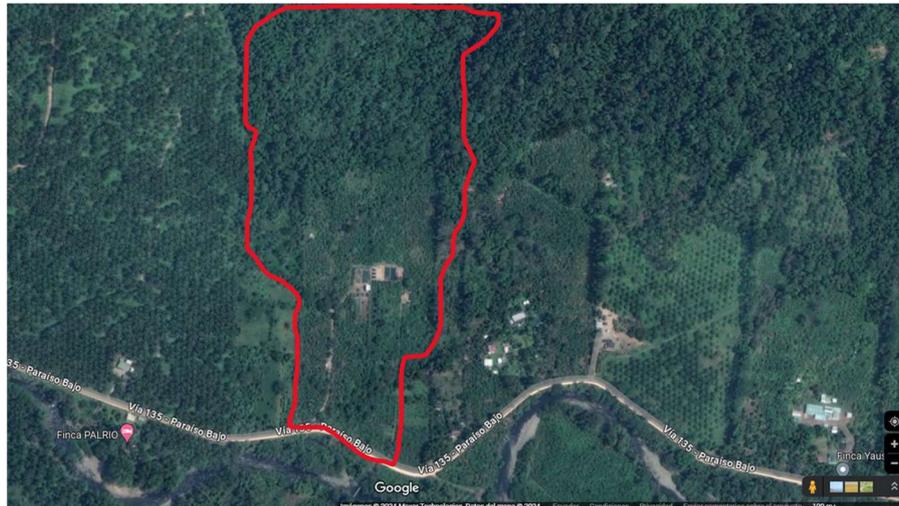
Según el periódico El Universo (2024), los mercados internacionales informan que el precio del cacao ha alcanzado un máximo histórico de cacao alcanzó los \$6,030 por tonelada en Nueva York para entrega en marzo, impulsado por la escasez de oferta en las principales regiones productoras de África Occidental. En 2023, el costo internacional del cacao se incrementó en un 64%, subiendo de \$2,500 a \$4,100 por tonelada, como resultado de la reducción en la producción de Costa de Marfil y Ghana, ocasionada por las intensas lluvias. A pesar de los retos que enfrenta la industria, este aumento representa una notable mejora en los ingresos del sector cacaotero nacional.

La gestión del Sr. Carlos Cobos en la finca Santa Clara, y en otras propiedades de la zona, se centra en la implementación de prácticas agrícolas sostenibles, promoviendo

así una agricultura responsable en la región. Estas prácticas se enfocan en la eficaz gestión de los recursos hídricos, aprovechando la proximidad del río Caony, y en la protección y preservación de la diversidad biológica local.

Figura 4

Ubicación de Finca Santa Clara



Nota: Ubicación de Finca Santa Clara, , Puerto Quito en la provincia de Pichincha. Recuperado de : <https://www.google.com/maps/@0.1019078,79.1962242,824m/data=!3m1!1e3?entry=ttu>

En una extensión de 75 hectáreas en una zona tropical, se encuentra ubicada en la vía 135- paraíso bajo, en el cantón puerto Quito, provincia de Pichincha en Ecuador. Misma que cultiva una variedad de frutas tropicales gracias a las condiciones ideales de humedad del suelo. Entre las frutas más destacadas se incluyen el limón, las naranjas, el cacao y la yuca. Sin embargo, una de los principales ingresos económicos de la finca proviene de la venta de pulpa de cacao. Esta actividad se concentra en 17 hectáreas dedicadas al cultivo de cacao CCN-51, debido al alto rendimiento de frutos que este tipo de cacao produce.

En la finca se coordina un equipo de seis empleados encargados de diversas tareas en la propiedad. Estas labores principales abarcan desde la recolección de leche hasta el manejo y pastoreo del ganado, así como la siembra de frutos, vegetales, cosecha y recolección de huevos, entre otras actividades.

Figura 5

Plantación de cacao CCN51



Nota: Plantación de cacao con sus frutos en el tipo de CCN-51. Recuperado:
<https://perfectdailygrind.com/es/2019/07/19/variedad-ccn-51-una-amenaza-para-la-industria-del-cacao/>

Este cultivo no solo constituye una de las actividades de siembra principales en la finca, sino que también es una fuente crucial de ingresos económicos. La comercialización y venta del grano de cacao en bruto o baba ha permitido que la finca Santa Clara se destaque en el mercado local.

Durante los meses más lluviosos, de enero a junio y de octubre a diciembre, la cosecha se vuelve más difícil, lo que eleva el valor del cacao. Por otro lado, en los meses más secos, como julio, agosto y septiembre, se obtiene una mayor cantidad de cosecha, pero el valor del cacao tiende a disminuir debido a la dinámica de oferta y demanda en el mercado. A pesar de la abundancia de cosecha, estos meses se caracterizan por una baja producción, lo que puede suponer un desafío económico para los productores de cacao en la finca.

En el periodo de los meses de alta humedad, las condiciones en el ambiente son adversas pueden afectar la calidad y cantidad de la cosecha, requiriendo un esfuerzo adicional por parte del equipo para asegurar una recolección óptima. Por otro lado, en los meses más secos, aunque la cosecha es más abundante, los precios más bajos pueden impactar la rentabilidad de la producción de cacao.

Según Troya Suntasig, S. J., & Vega Villafuerte, D. A. (2024). El cacao CCN-51, una variante originaria de Ecuador es un árbol de pequeño tamaño que puede crecer hasta

los 2.5 metros. Esta variedad de cacao comienza a producir entre 12 y 18 meses, con un índice de mazorcas de 6 por libra de cacao seco.

El tamaño y desarrollo de la mazorca de cacao están influenciados por el entorno, por lo que se recomienda una buena separación en las plantaciones para facilitar su desarrollo óptimo. Conocido por su alta calidad y productividad, el CCN-51 es resistente a varias plagas y enfermedades, como la escoba de bruja, la monilia y el mal de machete. Según Guamán (2017), este cultivo tiene un rendimiento promedio de 36 a 50 quintales por hectárea.

Figura 6

Área de recepción de cacao en baba



Nota: Área de recepción de cacao en baba, posterior a la producción. Fotografía elaborada por Autor.

Antecedentes

En la actualidad la Finca Santa Clara, maneja cinco etapas para la cosecha de pulpa de grano de cacao, en las cuales cada etapa tiene una intervención de personal que tiene marcado su proceso y su tiempo de ejecución de cada etapa.

Figura 7

Etapas actuales de cosecha de pulpa de grano de cacao



Nota: Procedimientos actuales de cosecha de pulpa de cacao en la Finca santa clara – Cantón Puerto Quito. Elaborado por: Autor.

En la finca, actualmente se destinan 17 hectáreas solo al cultivo de cacao. Un grupo de 12 personas se encarga de la recolección de cacao en estas 17 hectáreas, realizando esta tarea dos veces al mes. Con este equipo, suelen obtener alrededor de 20 quintales de baba de cacao en cada ciclo de recolección. Una vez obtenida la baba de cacao, se almacena en contenedores específicos y luego se envía a la finca, que está a 3 kilómetros de la plantación de cacao, para despulparse.

El despulpado de los 20 quintales de grano de cacao se realiza durante un período de tres días. Si se vende el mismo día del despulpado, el precio promedio es de aproximadamente 150 dólares por quintal. Por otro lado, si se vende al día siguiente, el precio promedio aumenta a \$165 dólares por quintal. Esta diferencia en el precio se debe a la frescura y calidad del cacao ofrecido.

Figura 8

Tanques de almacenamiento de baba de cacao



Nota:: Recepción y pesaje de cacao en baba, posterior a la producción. Fotografía elaborada por Autor.

El tiempo es crucial en el proceso de despulpado del cacao, ya que afecta directamente la cantidad y la calidad de la cosecha final. A pesar de los esfuerzos por acelerar este proceso manual para aumentar su eficiencia, existen limitaciones relacionadas con la capacidad física de los trabajadores y la posibilidad de contratiempos imprevistos. Estos intervalos temporales son críticos por su influencia en la fermentación y otros procedimientos posteriores del grano de cacao.

La excesiva dependencia de la mano de obra manual en el despulpado del cacao puede dar lugar a una producción irregular y a variaciones en la calidad del producto final, lo que complica su comercialización. Además, este enfoque aumenta el riesgo de lesiones y fatiga entre los trabajadores, lo que podría resultar en una rotación constante del personal y afectar la consistencia y eficiencia de la producción.

Justificación

La **importancia** de desarrollar una máquina despulpadora de cacao con tecnología de la Industria 4.0 reside en la necesidad de optimizar los procesos de despulpado en la industria cacaotera ecuatoriana. El cacao es un producto emblemático del país y su producción representa una importante fuente de ingresos tanto a nivel nacional como internacional. Implementar tecnologías avanzadas en este proceso no solo mejorará la eficiencia y calidad del producto final, sino que también contribuirá a reducir los costos de producción, permitiendo a los productores competir de manera más sólida en el ámbito global y fortalecer la economía del país.

El **impacto** de este proyecto será significativo a nivel empresarial, laboral, científico y ambiental. En el ámbito empresarial, la implementación de la máquina despulpadora mejorará la competitividad de las empresas cacaoteras al reducir los costos de producción y mejorar la calidad del producto final. A nivel laboral, se aspira a incrementar la eficiencia y la seguridad en el proceso de despulpado, contribuyendo de esta manera a la salud y el bienestar de los empleados. Desde una perspectiva científica, este proyecto aportará conocimientos sobre la aplicación de la Industria 4.0 en la industria agroindustrial, enriqueciendo el campo de la investigación tecnológica en el país.

La **utilidad** de este trabajo radica en la mejora del proceso de despulpado del grano de cacao en la finca Santa Clara, reduciendo los tiempos de producción y aumentando el volumen para una mejora económica y rentable de la finca. Además, será útil para el dueño de la finca y para otros propietarios de fincas cercanas, quienes podrán mejorar sus procesos de producción y reducir costos significativos.

Los **beneficiarios** serán los pequeños y medianos agricultores, quienes podrán acceder a tecnologías avanzadas que les permitirán aumentar su productividad y rentabilidad. Las empresas cacaoteras también se beneficiarán al mejorar la calidad de su producto y reducir sus costos de producción, volviéndose más competitivas en el mercado internacional. Además, la comunidad en general se verá beneficiada al fortalecerse la economía local y al promoverse prácticas más sostenibles y amigables con el medio ambiente.

La **factibilidad** técnico-científica de este estudio se basa en el avance tecnológico y la disponibilidad de recursos en el país. Existen antecedentes de investigaciones y desarrollos tecnológicos relacionados con la aplicación de la Industria 4.0 en la industria agroindustrial, lo que demuestra que es factible llevar a cabo este proyecto. Además, se cuenta con el apoyo de los agricultores y propietarios de la finca Santa Clara, quienes están interesados en mejorar sus procesos de producción y están dispuestos a colaborar en la recolección de datos y en la implementación de la máquina despulpadora.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar una máquina despulpadora de cacao aplicando tecnología de la Industria 4.0, disminuyendo el tiempo de proceso de despulpado del grano de cacao en la Finca Santa Clara, ubicada en Puerto Quito, provincia de Pichincha, Ecuador.

Objetivos Específicos

Identificar el proceso actual de despulpado de cacao mediante la elaboración de un cursograma analítico determinando el tiempo requerido para la etapa de producción del despulpado de cacao.

Evaluar las especificaciones técnicas necesarias para el adecuado despulpado de la mazorca de cacao, teniendo en cuenta factores como el tamaño del grano, la capacidad de producción del producto final.

Desarrollar el diseño de una máquina despulpadora de cacao que integre tecnologías de la Industria 4.0, reduciendo el tiempo de producción del despulpado de pulpa de cacao, conociendo en tiempo real los datos productivos de la máquina.

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de la empresa

La cadena de suministro del cacao implica varios pasos clave en los cuales la finca Santa Clara juega un papel esencial:

- **Recolección en la Finca:** En primer lugar, se recolectan los granos de cacao en la finca Santa Clara, donde se cultivan bajo condiciones óptimas para su crecimiento y calidad.
- **Centro de Acopio:** Los granos de cacao recolectados son trasladados a un centro de acopio, donde se almacenan y se registra la cantidad proveniente de diferentes fincas. Aquí se lleva a cabo el pesaje y la preparación para el siguiente paso.
- **Clasificación y Almacenamiento:** En este punto, el cacao es clasificado según su tipo y calidad en bodegas y almacenes específicos. Esta clasificación es crucial para garantizar la uniformidad y calidad del producto final.
- **Procesamiento:** Después de la clasificación, los granos de cacao son enviados a un centro de procesamiento. Aquí, se realizan procedimientos como fermentación, secado, tostado y molienda, dependiendo del producto final deseado.
- **Producto Final:** Una vez procesado, el cacao se transforma en productos como polvo de cacao, manteca de cacao o chocolate. Estos productos están listos para ser distribuidos y comercializados en el mercado nacional e internacional.

Cada paso en esta cadena de suministro es crucial para garantizar la calidad, consistencia y disponibilidad del cacao en el mercado.

La finca Santa Clara desempeña un papel central en este proceso al proporcionar materia prima de alta calidad para su posterior procesamiento y venta.

Figura 9

Cadena de proceso de cacao



Nota:: Diagrama de interacción entre operadores y establecimientos en la agrocadena del cacao. Recuperado de: Propuesta base para el diseño e implementación del programa nacional de trazabilidad del cacao en el Ecuador, (2019).

La finca tiene una variedad de actividades agrícolas, incluido el cultivo de cacao. Esta estrategia se basa en el cultivo de la variedad de cacao CCN-51, que es conocida por su excelente producción de frutos.

Cada ciclo de cosecha, que dura dos semanas, es un proceso minucioso y difícil que requiere la participación de un grupo de trabajadores. Para garantizar una producción óptima, estos trabajadores se dedican a la tarea de cosechar el cacao en las 17 hectáreas designadas durante tres días consecutivos. El resultado de este esfuerzo, que se traduce en un promedio de 20 quintales de cacao por ciclo de cosecha, demuestra la eficacia y el compromiso del equipo en maximizar la producción.

Los desafíos y las demandas del proceso aumentan con la producción. Para mantener el ritmo de producción y satisfacer las necesidades del mercado, la plantación se ve obligada a contratar personal adicional en períodos de alta demanda, hasta un máximo de 18 trabajadores. Los costos operativos aumentan proporcionalmente con el aumento de la fuerza laboral, lo que enfatiza la necesidad de una planificación cuidadosa y una gestión eficiente de los recursos humanos en la industria agrícola.

Para maximizar el rendimiento y la eficacia en la plantación, es fundamental administrar eficientemente el tiempo en cada ciclo de cosecha y producción. La cantidad total de productos obtenidos al final del día está directamente influenciada por el tiempo empleado en cada etapa del proceso, lo que demuestra la importancia de una planificación y ejecución meticulosas.

Debido a una serie de obstáculos que dificultan el proceso, se encuentra una promoción de cosecha minoritaria durante los meses de febrero, marzo, abril y parte de junio. La complejidad inherente a la cosecha en sí misma y las condiciones climáticas adversas que dificultan el acceso a las áreas de cultivo son algunos de estos obstáculos. La cantidad de productos recolectados durante este período puede verse significativamente afectada por la combinación de estas dificultades.

Por otro lado, durante los meses de julio a septiembre y parte de octubre, la situación cambia significativamente. Gracias a las condiciones climáticas más secas y estables que prevalecen en la región, durante esta época, la cosecha experimenta un mayor aprovechamiento. Estas condiciones favorables mejoran el rendimiento de la recolección de productos agrícolas y facilitan el acceso a las áreas de cultivo.

La Tabla 2 muestra los promedios históricos para 2022, que incluyen la cantidad de mazorcas recolectadas y el rendimiento de grano de cacao, expresados en quintales. Dado que la recolección se realiza cada 15 días, este desempeño se divide en dos periodos. El propietario de la finca Santa Clara, el Sr. Carlos Cobos, recopiló estos datos de registros históricos.

Tabla 2

Datos Históricos de cosecha de cacao por mes en el año 2022

MES		Hectáreas	PERIODO 1		PERIODO 2		TOTAL, MENSUAL (quintales)
			Mazorcas de Cacao (quintales)	Granos de Cacao (quintales)	Mazorcas de Cacao (quintales)	Granos de Cacao (quintales)	
2022	ENERO	13	52	15	48	14	29
	FEBRERO	12	48	14	60	18	32
	MARZO	14	56	16	56	16	32
	ABRIL	15	60	18	60	18	36
	MAYO	16	68	20	68	20	40
	JUNIO	15	60	18	60	18	36
	JULIO	17	68	20	68	20	40
	AGOSTO	17	68	15	52	15	30
	SEPTIEMBRE	17	68	20	56	16	36
	OCTUBRE	17	68	20	52	15	35
	NOVIEMBRE	15	60	18	68	20	38
	DICIEMBRE	13	52	15	72	21	36
TOTAL			209		211		420

Nota: Histórico de datos de cosecha de cacao en la finca Santa Clara en el año 2022. Recuperado de: Datos proporcionados por el Sr. Carlos Cobos, Propietario de la Finca

En contraste con los datos de 2022, la Tabla 3 de 2023 muestra un aumento exponencial en algunos meses. Sin embargo, este aumento varía según la duración de la recopilación de datos. La cantidad de producción mensual se representa por los promedios de estos datos.

Tabla 3

Datos Históricos de cosecha de cacao por mes en el año 2023

	MES	Hectáreas	PERIODO 1		PERIODO 2		TOTAL, MENSUAL (quintales)
			Mazorcas de Cacao (quintales)	Granos de Cacao (quintales)	Mazorcas de Cacao (quintales)	Granos de Cacao (quintales)	
2023	ENERO	15	60	18	60	18	36
	FEBRERO	14	56	16	60	18	34
	MARZO	14	56	16	64	19	35
	ABRIL	15	60	18	68	20	38
	MAYO	17	68	20	60	18	38
	JUNIO	17	68	20	64	19	39
	JULIO	15	60	16	64	19	35
	AGOSTO	17	68	20	68	20	40
	SEPTIEMBRE	16	64	19	68	20	39
	OCTUBRE	16	64	19	64	19	38
	NOVIEMBRE	15	60	18	60	18	36
	DICIEMBRE	15	60	18	60	18	36
TOTAL			218		226		443

Nota: Histórico de datos de cosecha de cacao en la finca Santa Clara en el año 2023. Recuperado de: Datos proporcionados por el Sr. Carlos Cobos, Propietario de la Finca

Cursograma analítico

En la gestión de procesos, un cursograma analítico es una herramienta visual para representar de manera detallada y sistemática todas las actividades involucradas en un proceso específico. Consiste en un diagrama que muestra secuencialmente las diferentes etapas de un proceso, junto con información adicional como el tiempo requerido para cada tarea, la distancia recorrida, los recursos necesarios y otras variables relevantes.

Según Betancourt, (2022). El cursograma analítico proporciona detalles esenciales sobre la ejecución y distribución de las actividades durante el proceso, teniendo en cuenta cosas como el tiempo requerido, la distancia recorrida y otros recursos necesarios.

Dentro de este esquema, se identifican cinco categorías principales:

- **Operación:** Este grupo incluye todas las acciones que están directamente relacionadas con la realización de tareas específicas que son necesarias para llevar a cabo el proceso principal. Estas acciones representan los pasos que llevan a cabo para avanzar en el proceso o que convierten los insumos en productos terminados.

- **Inspección:** Aquí se incluyen las actividades destinadas a revisar y evaluar productos, materiales o condiciones para asegurar la calidad, detectar defectos o realizar cualquier otro tipo de control de calidad necesario durante el proceso.
- **Transporte:** Esta categoría abarca las acciones que involucran el traslado físico de materiales, bienes o personas dentro del proceso. El movimiento de insumos hacia la línea de producción, la transferencia de productos entre diferentes etapas del proceso o la distribución de productos terminados a su destino final son ejemplos de lo que puede comprender.
- **Espera:** Se refiere a cualquier período de tiempo en el que no se realizan acciones activas dentro del proceso debido a la disponibilidad de recursos, la secuencia de tareas u otras razones. La identificación y eliminación de esperas innecesarias es esencial para mejorar la eficiencia general del proceso.
- **Almacenamiento:** En esta categoría se agrupan las actividades que involucran la recepción, el almacenamiento y la manipulación de materiales o productos durante el proceso. Esto puede incluir tareas de gestión de inventario como la colocación temporal de materiales en áreas de almacenamiento, la disposición de productos terminados antes del envío u otras tareas.
- **Combinado:** Esta categoría incluye actividades que pueden pertenecer a más de una de las categorías anteriores o que representan una combinación de varias acciones que se realizan al mismo tiempo. Puede incluir acciones multifacéticas que requieren inspección, transporte y operación a la vez, o cualquier otra combinación de actividades que no se pueden clasificar en una sola categoría.

Figura 10

Simbología para la elaboración de Cursograma analítico

SÍMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	Operación	Indica las principales fases del proceso agrega, modifica, montaje, etc.
	Inspección	Verifica la calidad y/o cantidad. En general no agrega valor.
	Transporte	Indica el movimiento de materiales. Traslado de un lugar a otro.
	Espera	Indica demora entre dos operaciones o abandono momentaneo.
	Almacenamiento	Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén.
	Combinada	Indica varias actividades simultáneas.

Nota: Simbología perteneciente al cursograma analítico para la representación de los procesos. Recuperado de: Alonso, P. G. H. (2021, March 22). Informática 2º Grado. https://alumnossegundogrado2.blogspot.com/2021_03_21_archive.html

El objetivo de crear un cursograma analítico para el ciclo de cosecha y producción en la plantación es lograr una comprensión completa y precisa de todas las actividades involucradas en este proceso. Cada paso, desde la preparación del terreno hasta la recolección y procesamiento final, se desglosa en tareas específicas, lo que permite una visualización completa de la secuencia de actividades y sus interacciones.

El cursograma analítico puede incluir información sobre la duración estimada de cada tarea, la distancia recorrida por los trabajadores o las máquinas involucradas, y cualquier otro dato relevante para el proceso. Las representaciones gráficas facilitan la identificación de cuellos de botella, períodos inactivos o áreas de mejora para optimizar la eficiencia y la productividad en la plantación.

A continuación, se abordarán las actividades específicas que tiene el proceso de producción, con un enfoque particular en el despulpado de los granos de cacao.

1. Cosecha de mazorca de cacao
2. Corte de mazorca de cacao
3. Separación de mazorca y pulpa
4. Almacenaje de pulpa en tanques
5. Transporte de tanques de almacenamiento de pulpa

- El despulpado manual.

La recolección manual de mazorcas es una tarea que consume tiempo con 120 minutos, ya que implica recorrer manualmente el área para recolectarlas. Por otro lado, el despulpado manual es una actividad que consume aún más tiempo, tomando alrededor de 100 minutos por cada despulpado. Aquí es donde identificamos un cuello de botella, ya que los trabajadores invierten la mayor parte de su tiempo en esta tarea manual.

Considerando el proceso, en el que doce personas deben trabajar continuamente durante tres días consecutivos para obtener un promedio de 60 quintales de mazorcas para producir 20 quintales de pulpa de cacao. Se puede calcular un rendimiento utilizable del 29.41%.

Estas doce personas necesitan 288 horas para recolectar los 20 quintales de pulpa de cacao. Esto significa que, para producir los 20 quintales de pulpa de cacao deseados, se necesitarán 68 quintales de mazorcas de cacao. Como resultado, se calcula que cada quintal de pulpa de cacao producida necesita 14.4 horas de trabajo.

Área de estudio

Tabla 5

Área de estudio

Área de estudio	
Dominio	Tecnología y sociedad
Línea de investigación	Automatización y redes
Sub línea de investigación	Automatización de procesos para optimación de operaciones manuales y mejora de productividad
Campo	Ingeniería industrial
Área	Automatización industrial
Aspectos	Diseño de una máquina despulpadora de cacao con tecnología de la Industria 4.0
Objetivo de estudio	Finca productora de semillas de cacao, ubicada en Paraíso bajo, en Cantón Puerto Quito
Periodo de análisis	Abril - septiembre 2024

Nota: Área de estudio proporcionada de UTI. Elaborado por: Autor.

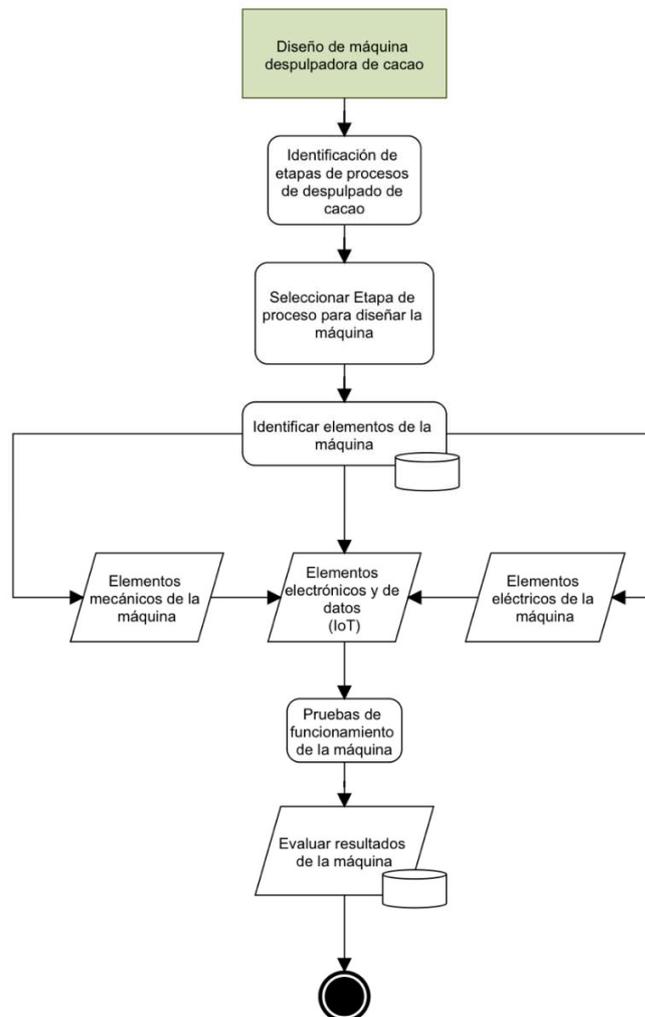
Modelo operativo

Se propone la creación de un diagrama que refleje los procesos actuales como una solución al problema mencionado anteriormente. Esta representación facilitará la identificación de la etapa adecuada para localizar la etapa que necesitamos la implementación máquina, lo que resultará en una disminución de los tiempos de producción del despulpado de cacao y en un aumento de la rentabilidad al alcanzar mayores volúmenes con menores costos.

El modelo de operativo descrito en la figura 11 servirá como un marco para abordar cada fase en la solución del problema. Esto implica una fase inicial de preparación y planificación para identificar los requisitos necesarios para el diseño y satisfacer las necesidades específicas de la finca.

Figura 11

Modelo operativo de la investigación



Nota: Diagrama de procesos – Modelo operativo de la investigación, Elaborado por: Autor

Identificación de etapas del proceso

Las etapas de reconocimiento, trazadas según el esquema de flujo delineado en el segundo capítulo, son un elemento crucial para entender y llevar a cabo de manera eficaz el proceso de producción del cacao desocupado. Cada fase, cuidadosamente planificada, no solo establece una secuencia lógica de acciones, sino que también resalta los aspectos y funciones fundamentales que afectan la calidad y el rendimiento del producto final.

Desde la selección de materias primas hasta la fase de procesamiento, cada paso se conecta de manera armoniosa para asegurar la uniformidad y la excelencia en todo el procedimiento. Así mismo, al tener un conocimiento profundo de las particularidades de cada etapa, los productores pueden identificar áreas de mejora potencial, lo que permite optimizar recursos y aumentar la eficiencia operativa. Este análisis detallado no solo eleva la calidad del producto, sino que también fortalece la capacidad de adaptación frente a posibles desafíos o cambios en las condiciones del entorno de producción.

Seleccionar etapa de proceso para el diseño de la máquina

El diseño de la máquina despulpadora de cacao es un resultado directo de esta estrategia. Esta tecnología, diseñada para optimizar el proceso de despulpado del cacao, ofrece una solución eficaz que reduce los tiempos requeridos para esta tarea, según el plan de estudios mencionado. Al eliminar la necesidad de realizar esta actividad de forma manual, se minimizan los errores humanos y se optimiza la homogeneidad del producto final, lo que a su vez eleva su calidad y competitividad en el mercado.

Identificar elementos de la máquina

La identificación de los elementos de una máquina es fundamental en el diseño, ya que, a partir de estas características, podemos determinar los componentes eléctricos, mecánicos y electrónicos necesarios para su funcionamiento. Este proceso se basa en las especificaciones seleccionadas previamente, las cuales guían la resolución y optimización del proceso. Además, una correcta identificación permite anticipar posibles fallos y mejorar la eficiencia operativa. También facilita el mantenimiento y la integración de nuevas tecnologías.

Identificación de elementos electrónicos y datos

La determinación de los elementos implementados con el IOT se guía por el diseño concebido, que se adapta cuidadosamente a las necesidades específicas de la maquinaria en cuestión. La introducción del Internet de las cosas (IoT) se plantea como una estrategia fundamental para la recopilación y verificación de información en tiempo real. Esta integración de tecnología avanzada permitirá al propietario de la finca supervisar de manera eficiente y precisa el rendimiento y el estado operativo de la maquinaria desde cualquier ubicación, proporcionando así un control completo sobre el proceso de producción.

Además de facilitar la supervisión remota, la implementación del IoT también ofrece la posibilidad de recopilar datos históricos, lo que permite un análisis detallado de los patrones de rendimiento y la identificación de posibles áreas de mejora. Esta capacidad de análisis avanzado brinda una ventaja competitiva al propietario al permitir la toma de decisiones informadas y la optimización continua de los procesos de producción. Además, al proporcionar una visión en tiempo real del estado de la maquinaria, el IoT ayuda a prevenir y abordar rápidamente posibles problemas operativos, lo que a su vez minimiza el tiempo de inactividad y maximiza la eficiencia general del proceso.

Elementos mecánicos de la máquina.

La verificación de los elementos esenciales de la máquina constituye un paso crucial para garantizar que la finca alcance los niveles de producción requeridos. Al conocer con precisión los componentes necesarios, se puede diseñar una máquina que se ajuste perfectamente a las necesidades específicas de la finca. Este enfoque personalizado no solo maximiza la eficiencia del proceso, sino que también optimiza el uso de recursos, minimizando el desperdicio y reduciendo los costos operativos. Al adaptar la máquina a las particularidades de la finca, se pueden aprovechar al máximo las condiciones físicas y operativas del terreno, lo que contribuye a mejorar la calidad del producto final y a aumentar la rentabilidad del negocio agrícola.

Este diseño a medida puede incorporar tecnologías avanzadas y prácticas innovadoras que aumenten la productividad y la eficiencia a lo largo de toda la línea de proceso de producción.

Elementos eléctricos de la máquina

Determinar los elementos eléctricos de la máquina es esencial, ya que son esenciales para controlar su funcionamiento. Elementos como el motor, los adaptadores y los contactores deben seleccionarse cuidadosamente para garantizar que el proceso opere de manera sistemática y controlada. Al tratarse de componentes eléctricos, es fundamental identificar sus necesidades específicas para maximizar su eficiencia y aprovechamiento.

Pruebas de funcionamiento.

Una vez completa la inspección de los elementos mecánicos y eléctricos en el diseño de la máquina, se harán pruebas de funcionamiento. Estas pruebas están diseñadas específicamente para abordar los desafíos y problemáticas identificados durante la fase de diseño. Este paso es vital, ya que permite verificar la eficacia de los ajustes realizados y asegurar que la máquina funcione bien en su uso diario. Al realizar estas pruebas de funcionamiento, se pueden detectar posibles fallos o deficiencias en el diseño, lo que proporciona la oportunidad de realizar correcciones antes de la implementación completa de la máquina.

Resultados.

Tras completar las pruebas de funcionamiento, el siguiente paso crítico es evaluar cómo se desempeña la máquina una vez que está en operación real. Este proceso proporciona una visión práctica de la eficacia del diseño y permite obtener resultados concretos sobre el rendimiento del equipo. Estos resultados son esenciales para determinar si la máquina cumple con las expectativas y requisitos establecidos durante la fase de diseño.

Al poner en marcha la máquina, se pueden identificar rápidamente cualquier problema o deficiencia que no se haya detectado durante las pruebas de funcionamiento previas. Esto permite realizar ajustes adicionales si es necesario y garantizar que la máquina opere de manera óptima en situaciones reales.

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Se utilizarán los datos recolectados de las mazorcas de cacao y la cantidad de semilla despulpada en la Finca Santa Clara para diseñar una máquina despulpadora de cacao. Para determinar el número de mazorcas y la producción por hectárea, estos datos se organizaron en las tablas 3 y 4.

Para el diseño, es fundamental comparar con otras máquinas disponibles en el mercado, considerando la variabilidad en su capacidad de producción y sus características técnicas.

Con esta contextualización, se pueden analizar diferentes versiones, siempre enfocados en su capacidad de producción por hora. Entre estas, podemos mencionar las siguientes:

- **Tipo 1 – Máquina despulpadora de cacao (Procedencia: Brasil)**

Tabla 6

Características de Máquina despulpadora de cacao Origen Brasil

Características Máquina despulpadora de Frutas (Procedencia: Brasil)



Potencia eléctrica	2 motores - de 1,5 HP aprox. 2 motorreductores
Materiales de construcción	Carcaza exterior - Acero al carbono Componentes interiores en contacto con la fruta - Acero inoxidable
Voltaje de trabajo	220 V -110V - Frecuencia: 60 Hz

dimensiones promedio	largo 3,21 m , Ancho : 1,25m , Alto: 1,85 m
Rendimiento de produccion promedio	especificación promedio de trabajo : 4200 frutas/ h
Precio Promedio:	\$19750,00 Precio EXW.

Nota: Especificación de máquina despulpadora de cacao en Brasil referencia de : C. D. C. A. (2015, September 28). Máquina de Quebra 1. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=ahArvqYbdNA>

- **Tipo 2 – Máquina despulpadora de cacao (Procedencia: Ecuador)**

Tabla 7

Características de máquina despulpado de cacao de Origen Ecuador

Características Máquina despulpadora de cacao (Procedencia: Ecuador)



Potencia eléctrica	2 motores - de 1,5 HP aprox. 1 motorreductor
Materiales de construcción	Carcaza exterior - Acero al carbono
Voltaje de trabajo	220 V
dimensiones promedio	Frecuencia: 60 Hz largo 2.90 m, Ancho: 1,09m, Alto: 1,75 m
Rendimiento de producción promedio	Especificación promedio de trabajo: 50-100 quintales diarios
Precio Promedio:	\$5000 – \$6000 aproximadamente

Nota : Especificación de máquina despulpadora de cacao Referencia de : J. C. (2020, January 9). Despulpadora de cacao. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=6bZAW4nEikY>

- **Tipo 3 – Máquina despulpadora de cacao de cacao (Procedencia México)**

Tabla 8

Característica de Máquina despulpadora de cacao procedencia Mexico

Características Máquina despulpadora de cacao (Procedencia: Ecuador)



Potencia eléctrica	1motor y 1 1/3 HP aprox. 1 motorreductor
Materiales de construcción	Carcaza exterior - Acero al carbono Carcaza interior – acero inoxidable
Voltaje de trabajo	220 V
dimensiones promedio	Frecuencia: 60 Hz largo 1.50 m , Ancho: 0.90m, Alto: 1,75 m
Rendimiento de producción promedio	Especificación promedio de trabajo: 200 kg / h
Precio Promedio:	\$4900 aproximadamente

Nota : Especificaciones técnicas de máquina despulpadora de cacao Referencia de : Agroshow. (n.d.). <https://agroshow.info/productos/máquinas-y-equipos/post-cosecha/despulpadora-de-cacao/>

La comparación entre los tres tipos de máquinas exportadoras de cacao nos lleva a preguntarnos si hay similitudes en sus funciones y en los materiales con los que están construidas. Aunque cada una se diferencia principalmente por su capacidad de producción y tamaño, lo que implica variaciones en los costos, es crucial recordar que el

punto de partida para diseñar estas máquinas es entender la cantidad de cacao que la finca necesita procesar. Esto asegura que la inversión en la máquina sea adecuada y beneficiosa para la finca.

Además, es esencial considerar más que solo la producción: la eficiencia energética y la durabilidad son aspectos importantes. Una máquina que consuma menos energía y tenga una vida útil más larga puede ser más rentable a largo plazo, a pesar de un precio inicial más alto. También se debe valorar la facilidad de mantenimiento y reparación, ya que esto puede impactar en los costos operativos y en el tiempo de inactividad. La tecnología integrada en las máquinas, como la automatización y la digitalización, puede mejorar la precisión y la productividad en la producción de cacao.

Tabla 9

Comparativo volumen de producción estimado de las máquinas

	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3
			
Dimensiones promedio	<p>largo 3,50 m,</p> <p>Ancho: 1,50m,</p> <p>Alto: 1,85 m</p>	<p>largo 2.9 m,</p> <p>Ancho: 1,10m,</p> <p>Alto: 1,75 m</p>	<p>largo 1.50 m,</p> <p>Ancho: 0.90m,</p> <p>Alto: 2.10 m</p>
Rendimiento de producción promedio	Especificación promedio de trabajo: 4200 frutas/ h	Especificación promedio de trabajo: 50-100 quintales diarios	Especificación promedio de trabajo: 200 kg / h
Precio Promedio:	\$19 750,00 Precio EXW. aproximadamente	\$ 4 000 – \$5 000 aproximadamente	\$4 900.00 aproximadamente

Nota: comparativa de características técnicas de máquinas despulpadoras de cacao existentes en el mercado Elaborado Por: Autor.

Al considerar el diseño óptimo de la máquina para la finca Santa Clara, también es fundamental analizar la flexibilidad y la capacidad de la máquina para adaptarse a

posibles cambios en la producción a largo plazo. Aunque en la actualidad el volumen de producción se sitúa en 68 quintales, es importante anticipar la posibilidad de un crecimiento en la demanda en el futuro. Por tanto, la máquina seleccionada debe poder ajustarse y permitir una expansión eficiente de la producción sin necesidad de inversiones significativas en nuevas tecnologías o máquina.

El modularidad y la escalabilidad son puntos fundamentales a considerar en el diseño y la elección de la máquina, ya que proporcionan la capacidad de adaptarse a alteraciones en los procesos de producción y maximizar la eficiencia operativa a lo largo del tiempo. De esta manera, se garantiza que la inversión en la máquina sea sostenible y proporcione beneficios a largo plazo para la finca Santa Clara

Esta innovación mejorará la capacidad de producción al reducir el tiempo de proceso y contabilizar las cantidades de cacao procesadas en tiempo real. Esto se logrará gracias a la implementación del Internet de las cosas (IoT) en el diseño de la máquina, lo que permitirá una monitorización y control más precisos.

Diseño de la máquina despulpadora de cacao

Criterios para el diseño

- **Tamaño de la mazorca**

Según Torres y Quevedo (2019), el tamaño de las mazorcas de cacao puede fluctuar por diversos factores, como el tipo de cacao, el fertilizante utilizado, la humedad del ambiente y las características del terreno, entre otros.

Figura 12

Toma de Muestras para el tamaño de la mazorca de cacao CCN-51



Nota: Tamaño y forma de la mazorca de cacao tomada en la finca Santa clara., Fotografía Elaborada por:
Autor

Debido a estas variaciones del cacao, se llevó a cabo un muestreo de mazorcas para determinar el tamaño promedio de las mazorcas de cacao, centrándose específicamente en la variedad de cacao CCN-51, que es cultivada en la finca Santa Clara.

Tabla 10

Muestreo de tamaño de mazorca de cacao

	Longitud de punta a punta (mm)	Diámetro (mm)
Toma de muestra 1	178	11
Toma de muestra 2	229	15
Toma de muestra 3	219	14
Toma de muestra 4	247	16
Toma de muestra 5	208	13
Toma de muestra 6	209	13
Toma de muestra 7	265	17
Toma de muestra 8	204	13
Toma de muestra 9	212	14
Toma de muestra 10	204	13
Toma de muestra 11	218	14
Toma de muestra 12	208	13
Toma de muestra 13	204	13
Toma de muestra 14	171	11
Toma de muestra 15	167	11
Total, promedio	210	13

Nota: Descripción de las muestras tomadas de mazorcas de cacao tomadas en la Finca Santa Clara
Elaborado por : Autor

El estudio de Parra (2018) describe cómo realizar un ensayo destructivo de corte, lo que permitió conocer las propiedades mecánicas de las mazorcas de cacao.

Como se observa en la Tabla 11, se muestran los datos fundamentales para comprender la resistencia y el comportamiento de las mazorcas frente a fuerzas de corte aplicadas. Esta información es clave para optimizar el diseño de herramientas y máquinas utilizadas en el procesamiento del cacao. Los investigadores pueden desarrollar equipos más seguros y eficientes al obtener datos precisos sobre la fuerza necesaria para cortar las mazorcas. Estos conocimientos también ayudan a mejorar las técnicas de cultivo y manejo post-cosecha, lo que maximiza la producción y la calidad del cacao.

Tabla 11

Propiedades mecánicas Cacao

	Máximo	Mínimo	Promedio
Longitud (cm)	26,3	16,5	20,944
Ancho (cm)	12,50	8,81	10,945
Masa (kg)	1,8	0,52	0,991
Fuerza de corte kgf			86.74

Nota: Resultados de ensayo de fuerza de corte que la mazorca de cacao fue sometida Recuperado de : Investigación de Torres y Quevedo (2019).

Figura 13

Ensayo de Corte de caco



Nota: Mazorca de cacao sometida a un durómetro con aplicación de fuerza de corte para determinar la resistencia de su corteza. Recuperado de: Investigación de Torres y Quevedo (2019).

Tamaño de grano de cacao

El fruto del cacao, conocido como mazorca, tiene una forma alargada similar a un calabacín y adquiere un color rojo o amarillo púrpura al madurar. Este fruto contiene entre 20 y 60 semillas, cuyo tamaño y forma varían según la variedad genética

El informe denominado "Análisis del sector cacao y elaborados" (PRO-ECUADOR, 2019, p. 1) ofrece una descripción general de las diferentes variedades de cacao en el país, señalando que el fruto mide entre 10 y 30 cm de longitud, de 6 a 12 cm de ancho, y su peso oscila entre 200 y 1000 gramos

Figura 14

Toma de dimensiones de la semilla de cacao

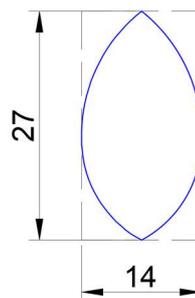


Nota: Medición de semillas de cacao para verificar sus dimensiones utilizando un calibrador pie de rey
Elaborado por: Autor

Las semillas maduras de cacao son ovoides y presentan dimensiones promedio de 25 ± 5 mm de longitud, 14 ± 5 mm de ancho, $\pm 12 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ de espesor. Estas medidas se obtuvieron a partir de muestras de cacao de la cosecha de la finca Santa Clara para determinar las dimensiones necesarias de la tolva que permitirá separar las semillas de la pulpa.

Figura 15

Tamaño de semilla de cacao en promedio



Nota: Tamaño promedio del grano de cacao a despulpar Elaborado por: Autor en Autocad 2022

- **Potencia de corte requerida para las mazorcas**

La cantidad de trabajo que un ente debe hacer en un período de tiempo específico se conoce como potencia. En este caso, calculamos la fuerza de corte necesaria para la

mazorca de cacao y expresamos la cantidad de energía que se necesita para que la corte la cáscara.

Esta definición es esencial para dimensionar correctamente el motor de la máquina para que tenga suficiente capacidad para realizar el trabajo de manera eficiente. Considerar la fuerza de corte ayuda a diseñar sistemas mecánicos precisos y ahorrar energía. Además, conocer la potencia requerida ayuda a prever fallas potenciales y a planificar mantenimiento preventivo, lo que contribuye al proceso de producción.

$$Pc = Fc * Vc \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde:

Pc = Potencia de corte

Fc= Fuerza de corte de mazorca

Vc= Velocidad de corte

La fuerza requerida para romper la cascara de la mazorca. se tiene la siguiente formula:

$$Fc = Fpromedio * g \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Donde:

Fc= Fuerza de corte de mazorca

Fpromedio: fuerza promedio

g: Gravedad

$$Fc = (86.74 \text{ kgf}) * 9.81 \text{ m/s}$$

$$Fc = 850.91 \text{ N}$$

- **Velocidad de corte**

Según Calderón (2020), desarrolló una máquina con una gran capacidad de 640 kg/hora y una velocidad de 30 a 60 rpm. Estas velocidades son ideales para separar las semillas de la cáscara de cacao y hacer que el proceso de despulpado sea lo más eficiente

posible. El diseño del cilindro separador, que se ajusta con precisión entre 8 y 10 grados de inclinación, garantiza que las semillas se desprendan fácilmente, lo que maximiza la productividad y la calidad del producto terminado.

En comparación, nuestro estudio ha demostrado que se pueden producir entre 15 y 20 quintales de grano despulpado de cacao en 3 días, es decir 288 h para todo el proceso si se traduce este total de horas a los 20 quintales como valor máximo nos queda 14.4 h.

En traducción a una tasa de producción que cada quintal se hace en 14.4 se procesa esto resulta en aproximadamente 23.94 kg/hora. A pesar de nuestra capacidad por hora limitada, nuestra producción es adecuada para operaciones de menor escala o para productores que no requieren una capacidad tan alta como la de Calderón, misma que es para una empresa.

Relación de cantidad / peso - (Dato obtenido de la finca Santa Clara)

1 mazorca – Peso = 0.991 kg

100 kg – equivale a 348 mazorcas

Actualmente, se procesan 24 mazorcas por hora. Nuestra propuesta busca aumentar esta cantidad para reducir el tiempo total de procesamiento. Mejorar la eficiencia no solo incrementará la productividad, sino que también optimizará el uso de recursos. Al disminuir el tiempo de procesamiento, se podrá gestionar un mayor volumen de producción sin sacrificar la calidad.

Por ello, con la propuesta de la nueva máquina, se pretende duplicar la cantidad de mazorcas procesadas, es decir, tentativamente se procesarán 360 mazorcas por hora. Esta mejora será evaluada en la sección de resultados.

Según Torres y Quevedo (2019), se recomienda que el sistema de corte de mazorcas tenga una capacidad de 6 mazorcas por cada revolución del eje en un minuto. Por lo tanto, sugieren una velocidad de 10 rpm.

Debido a la variabilidad en la resistencia de las mazorcas, según la investigación de Mogro y Vera (2022), el valor calculado debe ajustarse mediante el factor de corte real. Este número es igual a 1,5. Por lo tanto, se puede obtener utilizando la siguiente ecuación

$$V_c = W * r \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Donde

W = velocidad angular de las aspas para el corte dato obtenido del estudio de Torres y Quevedo (2019)

r= radio de giro aspas (diseño)

$$V_c = 10 \frac{rev}{min} * 0.15m$$

$$V_c = 1.5 \frac{m}{s}$$

Potencia de corte

$$P_c = 850.91 \text{ N} * 1.5 \frac{m}{s}$$

$$P_c = 1276.36 \text{ W}$$

- **Torque de motor**

Para calcular el torque (τ) de un motor, puedes usar la siguiente fórmula cuando conoces la potencia (P) en watts y la velocidad angular (ω) en radianes por segundo:

$$\tau = \frac{P}{\omega} \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Donde:

τ : Torque de motor

P : potencia real requerida

ω : velocidad angular

- **Velocidad Angular**

$$\omega = \frac{2\pi \times Rpm}{60} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Donde:

ω : velocidad angular

Rpm: revoluciones por minutos requerido

$$\omega = \frac{2\pi \times 10 \text{ Rpm}}{60}$$

$$\omega = 1.047 \text{ rad/s}$$

Por lo cual el torque necesario se calcula de la siguiente manera

$$\tau = \frac{P}{\omega} \quad \text{(Ecuación 4)}$$

$$\tau = \frac{127.36 \text{ W}}{1.047 \text{ rad/s}}$$

$$\tau = 1219.06 \text{ Nm}$$

- **Potencia de un motor**

$$Hp = \frac{Pc}{745.7} \quad \text{(Ecuación 6)}$$

$$hp = \frac{1276.36 \text{ W}}{745.7}$$

$$\text{Potencia de motor} = 1.71 \text{ hp}$$

Dados estos cálculos se inicia el proceso de selección del motor partiendo con una potencia de 1.71 HP y un torque de 1219.06 Nm. La eficiencia del motor, la compatibilidad con los requerimientos de velocidad y RPM requeridos para la aplicación específica, así como el tamaño físico y el tipo de montaje apropiados, serán evaluados minuciosamente en este análisis técnico.

Figura 16

Características de Motorreductor



Motorreductor 2hp sinfin corona	
Precio	
Especificaciones técnicas	
Fabricante	WEG o Chino
Motorreductor	Sinfin corona
Referencia	NMRV
Voltajes disponibles	1 fase 110 voltios - 2 fases 220 voltios - 3 fases 220 voltios
Potencia motor	2hp
Relaciones disponibles	7,5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 y 60
Velocidades de salida	240, 180, 120, 90, 45, 36 y 30 rpm respectivamente.
Caja reductora	Estructura aluminio
tamaño caja reductora	T63, T75 y T90

Nota: Descripción de características de motor reductor que se ajustan a las calculadas para la maquina despulpadora de cacao . Recuperado de: Motorreductor 2hp sinfin corona - Exhibir Equipos. (2021, December 11). Exhibir Equipos. https://exhibirequipos.com/producto/motorreductor-sinfin-corona-2hp/?srsltid=AfmBOopwV_HyARWpFwKjsDzOxy2EaKS8yFm8AcD1CcZ84AMNcKdgtTmT

Según los cálculos realizados para el motor necesario, se requiere un motor cuyas características aseguren un acoplamiento eficiente al funcionamiento previsto. Las especificaciones necesarias para su elección se encuentran en la tabla 12.

Tabla 12

Características específicas del motor para la máquina

Características específicas del motor para la máquina	
Voltaje	110 v
potencia de motor	2 hp
velocidad de salida	60 pm
T. caja reductora	T63

Nota: Se muestran los valores adecuados que debe tener el motor para la máquina despulpadora de cacao . Recuperado de https://exhibirequipos.com/producto/motorreductor-sinfin-corona-2hp/?srsltid=AfmBOopwV_HyARWpFwKjsDzOxy2EaKS8yFm8AcD1CcZ84AMNcKdgtTmT

Sistema de relación de transmisión de movimiento.

El cálculo de las velocidades bajas en los sistemas de la máquina despulpadora de cacao establece un rango de tolerancia entre 10 y 51 rpm. De acuerdo con la investigación de Torres y Quevedo (2019), se recomienda el uso de transmisión por cadena, ya que facilita una eficiente transmisión de bajas velocidades y ofrece un mayor torque. Las cadenas

cumplen funciones similares a las correas, con aplicaciones en automóviles, motocicletas, bicicletas, herramientas y maquinaria.

Cuando la distancia entre ejes es considerable, las cadenas o correas resultan más prácticas que los engranajes. Bajo las mismas condiciones de transmisión, las correas dentadas y poleas suelen ser más costosas que las cadenas y piñones.

$$i: \frac{D1}{D2} \quad \text{(Ecuación 7)}$$

$$i: \frac{N2}{N1} \quad \text{(Ecuación 8)}$$

$$D1 \times N1 = D2 \times N2 \quad \text{(Ecuación 9)}$$

Donde:

D1: Numero de dientes del piñón motriz

D2: Numero de dientes del piñón conducido

N1: Velocidad de giro eje piñón motriz

N2: Velocidad de giro eje piñón conducido.

Relación de transmisión

$$i = \frac{N2}{N1}$$

$$i = \frac{15 \text{ rpm}}{60 \text{ rpm}} = 0.25$$

Relación de ruedas dentadas

$$21 \text{ dientes} \times 60 \text{ rpm} = D2 \times 15 \text{ rpm}$$

$$D2 = \frac{21 \times 60}{15} = 84 \text{ dientes}$$

Con una relación de transmisión de 1:4, se logra una reducción en las revoluciones por minuto, pasando de 60 rpm en el motor a 15 rpm en la salida. Además, se calculó la relación de dientes que deben tener los piñones para la transmisión del movimiento. El piñón de la rueda motriz posee 21 dientes, que corresponde al valor nominal del motor, mientras que el piñón conducido tiene 84 dientes, que es el valor final de salida.

Figura 17

Relación de transmisión de movimiento por cadena



Nota : Piñon de de rueda motriz conducida por piñon de rueda conducida entrelazada mediante cadena ,
Recuperado de: Piñones y Cadenas Standard ANSI – Rodaseros. (n.d.).
<https://rodaseros.com/producto/pinones-y-cadenas-standard-ansi/>

Dimensiones de diámetro del eje

En la empresa Reúname (Reconstructora nacional de motores eléctricos S.A.) (2021). Nos recomienda un tipo de ecuaciones para poder encontrar nuestro diámetro mínimo con el cual se pueda trabajar. En este tipo de ecuaciones, existe un valor de factor de seguridad que es 5. Es un valor muy típico usado en ingeniería para el diseño de máquinas con lo cual tenemos:

$$D: \sqrt[3]{\frac{40 \times P}{N}} \quad \text{(Ecuación 10)}$$

Dónde:

D: Diámetro

P: Potencia del motor en HP

N: Número de revoluciones del motor

Se conoce que el motor es un monofásico que tiene una potencia de 2hp que trabaja a 60 rpm con una frecuencia de 60 Hz trabaja sin problema en 120V o 220V, depende de la conexión en la que se le trabaje ya sea en triángulo o en estrella.

$$D = \sqrt[3]{\frac{40 \times 2 \text{ HP}}{60}}$$

$$D = 1,10 \text{ pulg.}$$

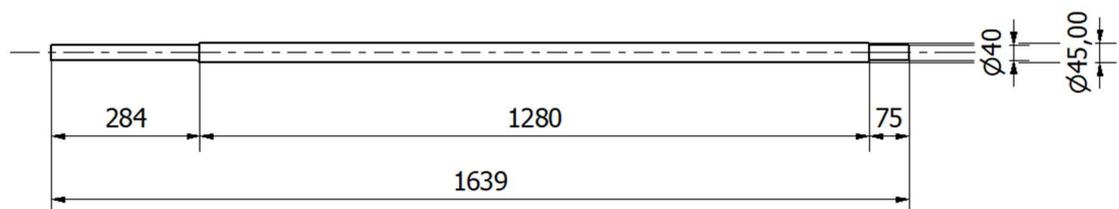
$$D = 1.10 \text{ pulg.} \times \frac{25.4 \text{ mm}}{1 \text{ pulg}} = 27.95 \text{ mm} \quad \text{(Ecuación 11)}$$

Estas ecuaciones están con una relación 1:5 de factor de seguridad por lo cual el diámetro ideal sería:

$$D = 41.93 \text{ mm.}$$

Figura 18

Diseño del Eje central de la máquina



Nota: Diseño de eje central de la máquina considerando el espacio de procesamiento propuesto ,.
Elaborado por Autor en Autodesk Inventor 2022

Con el diámetro del eje determinado, es posible realizar diversos análisis, como el de torsión, para asegurar que el diseño sea lo más eficiente y adecuado posible.

Para el cálculo de la torsión, utilizamos la siguiente fórmula:

$$T = \frac{t_{max} \times I_p}{R} \quad \text{(Ecuación 12)}$$

Donde:

T = torsión

t_{max} = Esfuerzo cortante máximo de acero

I_p = Inercia polar

R= Radio

Se debe calcular la inercia polar mediante:

$$I_p = \frac{\pi x d^4}{32} \quad \text{(Ecuación 13)}$$

$$I_p = \frac{\pi x (0.04193m)^4}{32} = 3.034x10^{-7} m^4$$

Una vez determinados todos los datos necesarios, se procede a aplicar la fórmula de torsión.

$$T = \frac{t_{max} x I_p}{R} \quad \text{(Ecuación 12)}$$

$$T = \frac{77 x 10^6 \frac{N}{m^2} x 3.034x10^{-7} m^4}{0.02096 m} = 1114.58 Nm$$

Con la torsión aplicada en el eje, es posible determinar el ángulo de torsión resultante, el cual es fundamental para evaluar el comportamiento mecánico del sistema. A continuación, se presenta la fórmula utilizada para su cálculo

$$\Theta = \frac{T}{G x I_p} \quad \text{(Ecuación 14)}$$

Donde:

Θ : Ángulo de torsión

T: Torsión

G: Módulo de rigidez en cortante

I_p : inercia polar

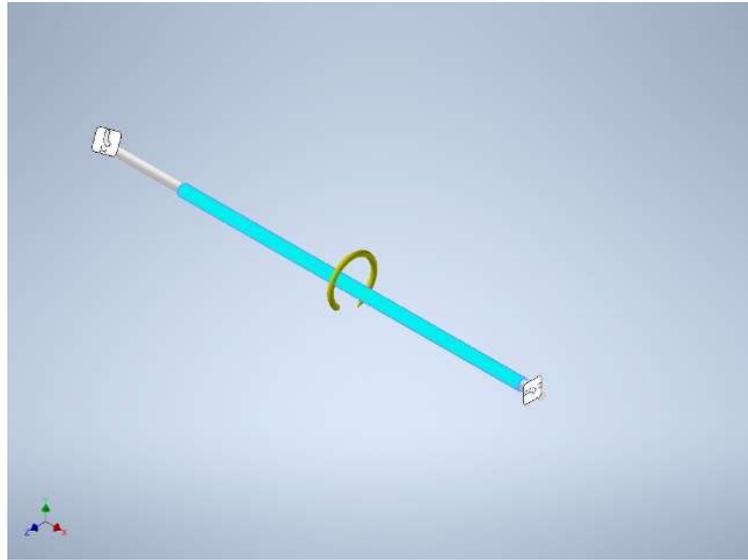
$$\Theta = \frac{1114.58 Nm}{80 x 10^9 \frac{N}{m^2} x 3.02x10^{-7} m^4} = 0.046 rad.$$

$$\theta = 0.046 \text{ rad} \times \frac{180^\circ}{\pi \text{ rad}} = 0.01464^\circ$$

De acuerdo con nuestros cálculos, el ángulo de torsión del eje será de 0.01464° , lo que indica una deformación mínima dentro de los límites aceptables para su correcto funcionamiento.

Figura 19

Flecha de simulación de ángulo de torsión del eje



Nota : La flecha de simulación de ángulo de torsión del eje muestra en qué sentido conlleva la deformación , Elaborado por: Autor en Inventor 2022

- **Selección de chumaceras**

El diseño del eje permite seleccionar las chumaceras adecuadas, las cuales son componentes críticos en la máquina, ya que alojan y conectan las puntas del eje, facilitando su movimiento rotatorio. Para esta aplicación, se han escogido chumaceras de piso, que proporcionan un anclaje lateral eficiente a la estructura.

En la Figura 19, se ilustra la selección de las chumaceras, basándose en los diámetros del eje diseñados para la máquina, siendo este de 40 mm. La elección se realizó siguiendo las especificaciones del fabricante CPR (2021) , utilizando su catálogo de chumaceras de piso del tipo UCP 208-24, recomendadas para condiciones de trabajo de maquinaria agrícola.

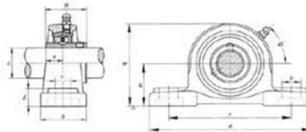
Estas chumaceras están equipadas con rodamientos de bolas interiores, lo que optimiza la lubricación, prolongando la vida útil del componente y permitiendo ciclos de

trabajo más prolongados. Esta característica garantiza un rendimiento eficiente en el movimiento rotatorio requerido por la máquina.

Figura 20

Selección de Chumacera para la transmisión de movimiento del eje

Chumacera de piso UCP 200 (trabajo normal)



No. De parte	Diámetro del eje d		Dimensiones (mm)													tornillo utilizado		No. Rodamiento	No. Alojamiento	peso (kg)
	(in.)	(mm)	h	a	e	b	S ₂	S ₁	g	w	Bi	n	(mm)	(in.)						
UCP201 201-8	1/2	12	30.2	127	96	38	19	13	15	62	31.0	12.7	M10	3/8	UCP201 201-8	P201	0.61			
UCP202 202-10	5/8	15	30.2	127	96	38	19	13	15	62	31.0	12.7	M10	3/8	UCP202 202-10	P202	0.59			
UCP203 203-11	11/16	17	30.2	127	96	38	19	13	15	62	31.0	12.7	M10	3/8	UCP203 203-11	P203	0.58			
UCP204 204-12	3/4	20	33.3	127	96	38	19	13	15	65	31.0	12.7	M10	3/8	UCP204 204-12	P204	0.61			
UCP205-14 205-15 205-16	7/8 15/16 1	25	36.5	140	105	38	19	13	16	70	34.1	14.3	M10	3/8	UCP205-14 205-15 205-16	P205	0.69			
UCP206-18 206-19 206-20	1 1/8 1 3/16 1 1/4	30	42.9	165	121	48	21	17	18	83	38.1	15.9	M14	1/2	UCP206-18 206-19 206-20	P206	1.13			
UCP207-20 207-21 207-22 207-23	1 1/4 1 5/16 1 3/8 1 7/16	35	47.6	167	126	48	21	17	19	92	42.9	17.5	M14	1/2	UCP207-20 207-21 207-22 207-23	P207	1.34			
UCP208-24 208-25	1 1/2 1 1/2	40	50.8	184	139	54	21	17	20	106	49.2	19.0	M14	1/2	UCP208-24 208-25	P208	1.96			
UCP209-26 209-27 209-28	1 5/8 1 11/16 1 3/4	45	54.0	190	146	54	21	17	20	106	49.2	19.0	M14	1/2	UCP209-26 209-27 209-28	P209	1.96			
UCP210-30 210-31 210-32	1 7/8 1 15/16 2	50	57.2	206	159	60	25	20	22	112	51.6	19.0	M16	5/8	UCP210-30 210-31 210-32	P210	2.49			
UCP211-32 211-34 211-35	2 2 1/8 2 3/16	55	63.5	219	172	60	25	20	22	126	55.6	22.2	M16	5/8	UCP211-32 211-34 211-35	P211	2.91			

Nota : La selección de la chumacera se la realiza de acuerdo a las recomendaciones de trabajo de maquinaria agrícola que realiza el Fabricante CPR, Recuperado de : Catálogo de Chumaceras. (n.d.). Catálogo de Chumaceras. https://0201.nccdn.net/4_2/000/000/00f/745/catalogo-cpr-chumaceras.pdf

Dimensiones de la máquina

- Tolva

Dadas las medidas obtenidas de las semillas de cacao, se procede con el diseño específico para el proceso de despulpado de la semilla y la pulpa de cacao. Se ha observado que las dimensiones promedio del grano de cacao son aproximadamente 25 mm. de longitud y 15 mm. De ancho.

Para este propósito, se optó por utilizar metal expandido con un espesor de 1.4 mm, y con espacios libres de 1.5 cm de ancho por 3.0 cm de alto. Este diseño está concebido para permitir una filtración efectiva y separación adecuada de las semillas de cacao y la pulpa, asegurando así un proceso eficiente y optimizado para la fabricación de cacao de alta calidad.

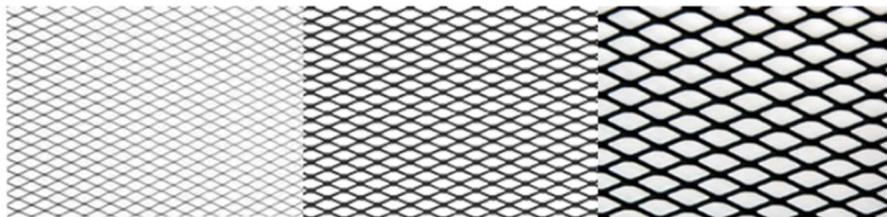
Figura 21

Selección de plancha de Metal expandido con la medida adecuada para el despulpado.

Tabla de Medidas

E (MM.)	Dm (MM.)	DM (MM.)	G (MM.)	Dimensión (MM.)
1.40	15.0	30,0	1.50	1220 x 2440 mm.
2.0	15.0	30.0	2.0	
2.0	22.0	45.0	2.0	
3.0	22.0	45.0	3.0	
3.0	32.0	76.0	3.0	
4.0	32.0	76.0	4.0	
4.0	50.0	100	4.0	
6.0	32.0	76.0	6.0	
6.0	50.0	100	6.0	
6.0	50.0	100	11.0	
6.0	50.0	100	14.0	

*Consultar stock en Acero Inoxidable

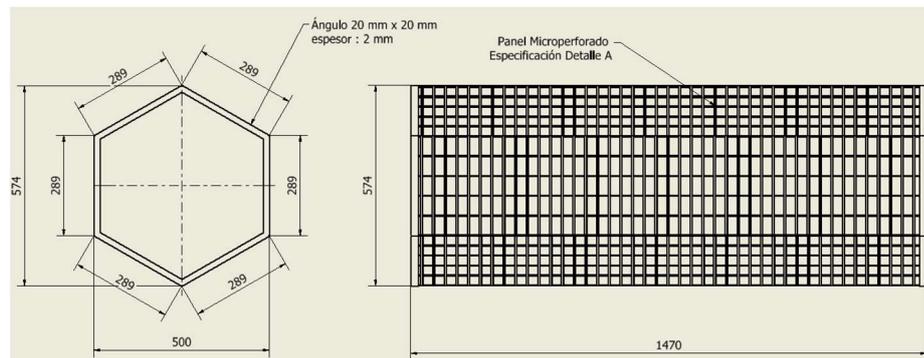


Nota: Selección de plancha de Metal expandido con la medida adecuada para el despulpado, esta tabla se encuentra en la empresa Acerimallas, en el catálogo de láminas de metal expandido. Acerimallas - Ideas en metal. (n.d.). Recuperado de : <https://www.acerimallas.com.ec/metal-expandido>

Por lo tanto, diseñamos las dimensiones de la tolva de separación del grano de cacao para proporcionar un aumento de producción del cincuenta por ciento y un factor de seguridad adicional del diez por ciento. Este método no solo proporciona una mayor capacidad de procesamiento, sino que también ofrece flexibilidad y robustez en la operación, lo que permite adaptarse a variaciones en la producción sin comprometer la eficiencia.

Figura 22

Dimensiones de la tolva



Nota : Dimensiones de tolva para de máquina despulpadora. Elaborado por: Autor

Como se puede ver en la figura 18, se seleccionó un perfil angular de 20 mm x 20 mm con un espesor de 2 mm para la tolva de procesamiento, ya que ofrece una estructura robusta y estable. El espesor elegido proporciona un equilibrio adecuado entre resistencia mecánica y facilidad de manufactura, permitiendo realizar soldaduras sin comprometer la integridad del material y facilitando la fijación segura de las planchas microperforadas mediante remaches o pernos.

Se decidió utilizar acero inoxidable tipo 304 debido a su composición equilibrada de cromo y níquel, lo que garantiza una excelente resistencia contra la corrosión y al desgaste químico. Dado que la tolva estará en contacto continuo con la pulpa de cacao, era fundamental elegir un material que previniera la oxidación para evitar contaminaciones y asegurar la seguridad del producto final.

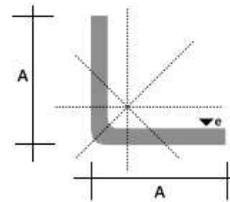
Para asegurar la compatibilidad y calidad del material, se identificó el perfil adecuado en la tabla de perfiles de Acero Dipac, encontrando la dimensión que satisface los requisitos normativos y estructurales necesarios para la tolva.

Esta selección garantiza no solo alta resistencia a la corrosión, sino también durabilidad y confiabilidad del equipo, permitiendo un desempeño eficiente y continuo en condiciones de operación exigentes.

Figura 23

Catálogo de Perfiles metálicos Dipac

DENOMINACION	DIMENSIONES		PESOS	
	mm		kg/m	kg/6m
	a	e		
AL 20X2	20	2	0,64	3,84
AL 20X3	20	3	0,96	5,76
AL 25X2	25	2	0,8	4,8
AL 25X3	25	3	1,2	7,2
AL 25X4	25	4	1,6	9,6
AL 25X6	25	6	2,4	14,4
AL 30X3	30	3	1,44	8,64
AL 30X4	30	4	1,92	11,52
AL 30X6	30	6	2,88	17,28
AL 40X3	40	3	1,92	11,52
AL 40X4	40	4	2,56	15,36
AL 40X6	40	6	3,84	23,04
AL 50X3	50	3	2,4	14,4
AL 50X4	50	4	3,2	19,2

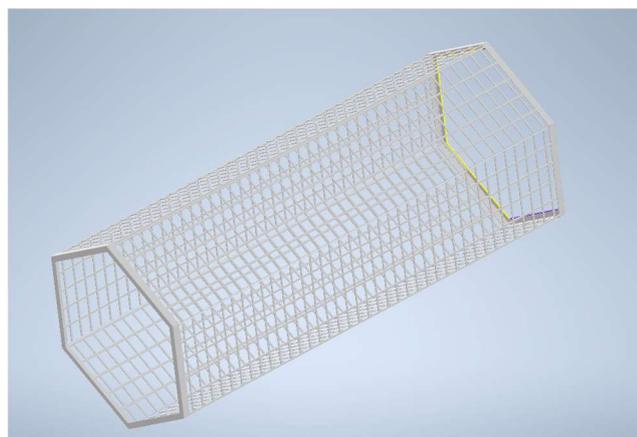


Nota: Catalogo de perfiles angulares de Dipac - Fuente: Angulos. (2022, August 21). DIPAC. Recuperado de : <https://dipacmanta.com/producto/inoxidable/ngulos/angulo-inoxidable/>

Con la selección de los materiales, el diseño queda como nos muestra la Figura 19

Figura 24

Tolva de procesamiento para la pulpa de cacao



Nota: Modelo de Tolva de procesamiento de la pulpa y separación de la semilla de cacao Recuperado de: Investigación de Torres y Quevedo (2019).

Cálculo de peso para la estructura de la máquina

Se puede calcular el peso total que la estructura deberá soportar basándonos en las dimensiones de la tolva de procesamiento y el peso de las mazorcas que se van a procesar. Esta información es esencial para dimensionar correctamente la tolva y la estructura de soporte para que el sistema funcione al máximo. Al saber el peso total, podemos elegir los materiales de construcción adecuados y diseñar la estructura.

Tabla 13

Peso total de soporte que tiene la máquina

Descripción	Cantidad. (Kg)
Peso Estructura Tolva	8,74
Peso malla microperforada lateral	58
Peso de procesamiento	159
Total	225,74

Elaborado por : Autor

Según Vera y Mogro (2022) indican que las estructuras tubulares en los diseños de máquinas se fabrican principalmente con acero termoformado en frío. Este material es muy apreciado por su notable maleabilidad y dureza, cualidades esenciales para el rendimiento óptimo de las máquinas. Además, recomiendan el uso de perfiles de acero con dimensiones de 4 cm x 4 cm y un espesor de 2 mm o superior, los cuales han demostrado ser eficaces en diversos contextos de diseño

La elección de este perfil asegura una distribución uniforme de las tensiones, mejorando la estabilidad y la resistencia general de la estructura. Además, el acero termoformado en frío posee una alta resistencia a la fatiga, permitiendo que las estructuras soporten cargas repetitivas sin sufrir deformaciones o daños.

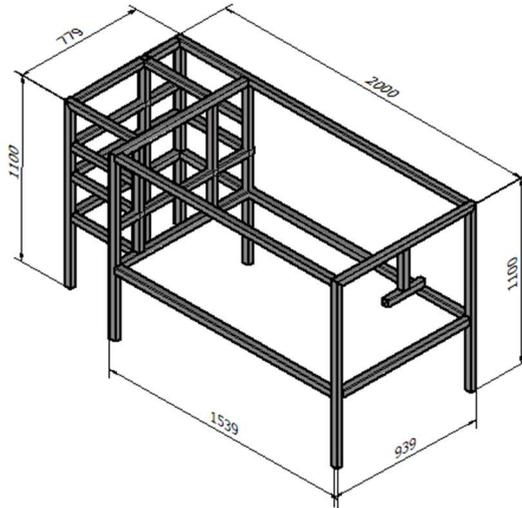
Debido a sus diversas cualidades técnicas, el acero A36 es ampliamente preferido en la fabricación de estructuras y componentes para máquinas. Esto lo hace ideal para aplicaciones industriales. Este material reduce el peso de las máquinas manteniendo una resistencia adecuada a la deformación.

El A36 se destaca por su excepcional maleabilidad, lo que facilita su adaptación y procesamiento en una variedad de configuraciones estructurales. Con una combinación equilibrada de dureza, el A36 garantiza la capacidad de soportar cargas y tensiones sin sufrir deformaciones permanentes.

Estructura

Figura 25

Dimensiones propuestas de la máquina despulpadora de cacao



Nota: Estructura tubular de soporte de todas las partes de la máquina Elaborado por Autor en Inventor 2022

La estructura se ha diseñado utilizando un software de modelado CAD INVENTOR. Este software nos permite seleccionar y simular los materiales y tubos utilizados en el diseño de la máquina. Mediante la simulación, obtenemos un análisis detallado del comportamiento estructural, evaluando cómo la estructura responderá bajo las cargas esperadas y el peso previsto. El programa proporciona información crucial sobre el soporte necesario, considerando un margen de tolerancia del 10% como factor de seguridad adicional.

El software de modelado ofrece distintos niveles de precisión para evaluar el desplazamiento y la deformación estructural, teniendo en cuenta tanto las cargas activas como las cargas muertas aplicadas. Esto nos permite verificar cómo la estructura se comportará en condiciones operativas reales, analizando específicamente el momento flector y otros aspectos críticos de su rendimiento.

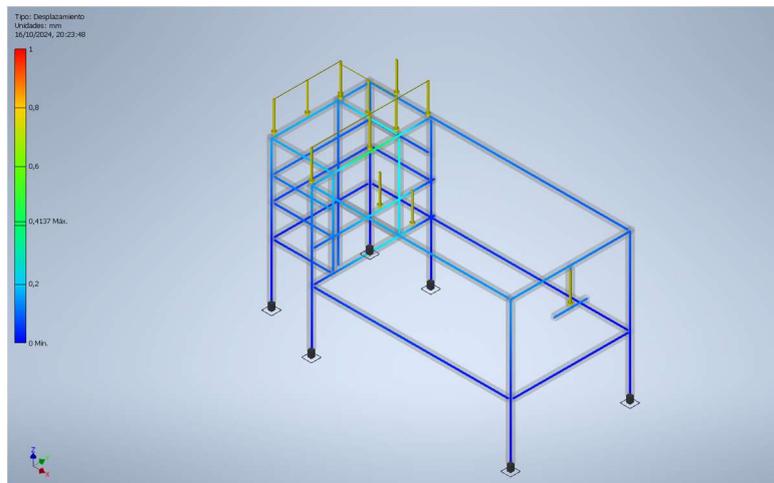
- **Análisis**

Se han aplicado 2212.25 N de fuerzas totales, lo que representa el peso total de la carga viva y muerta de la máquina. La estructura tiene un desplazamiento máximo de 0.04 mm en la simulación con un factor de seguridad incrementado al 1.5, como se puede ver en la figura 26. Bajo estas condiciones, la resistencia y las características del material utilizado determinan si el desplazamiento es admisible.

Según este análisis, el diseño estructural es capaz de soportar las cargas previstas sin comprometer la integridad de la máquina. El desplazamiento máximo que se ha observado se encuentra dentro de los límites aceptables, lo que garantiza que la máquina mantendrá su funcionalidad y estabilidad a pesar de las cargas operativas que experimente. El uso de un factor de seguridad del 10%, también garantiza una mayor confiabilidad del sistema y brinda un margen adicional para cambios imprevistos en las condiciones de carga.

Figura 26

Simulación de desplazamiento de la estructura de la máquina



Nota: Verificación de la simulación de desplazamiento con las condiciones planteadas que tendrá la máquina Elaborado por : Autor en Inventor (2022)

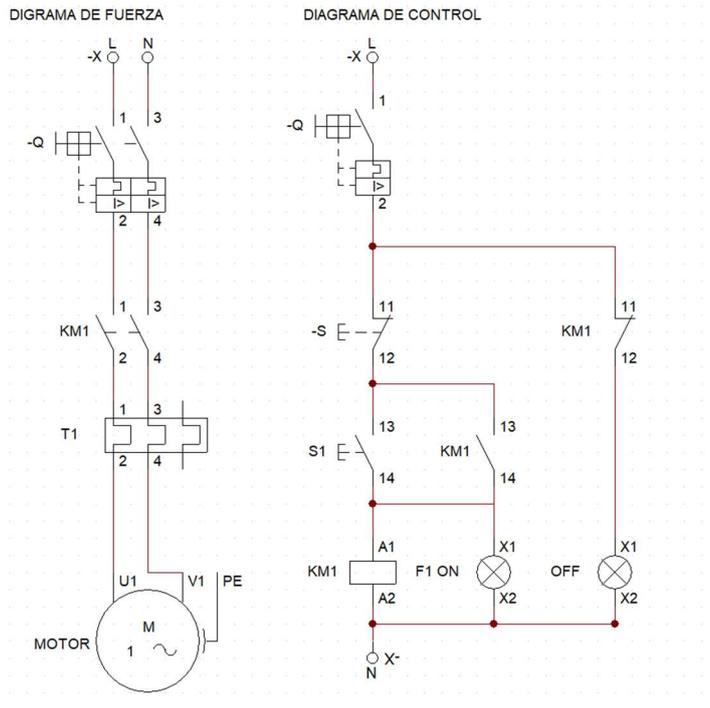
Elementos eléctricos de control

Una vez completadas las dimensiones y especificaciones de la máquina, es crucial contar con los componentes necesarios para su funcionamiento óptimo. Esto implica la integración de varios elementos clave que supervisan y regulan con precisión su operación. Se prevé emplear conectores de control pulsadores para conectar el motor, los cuales son elementos esenciales del circuito. Además del motor, se incluirán contactores, pulsadores de control, dispositivos de protección y un botón de parada de emergencia, todos diseñados para asegurar un manejo seguro y eficiente durante todo el proceso.

Para el diseño del circuito eléctrico de la máquina, se utilizará el simulador CadeSimu 4.1, lo que facilitará la creación de los diagramas necesarios tanto de potencia como de control.

Figura 27

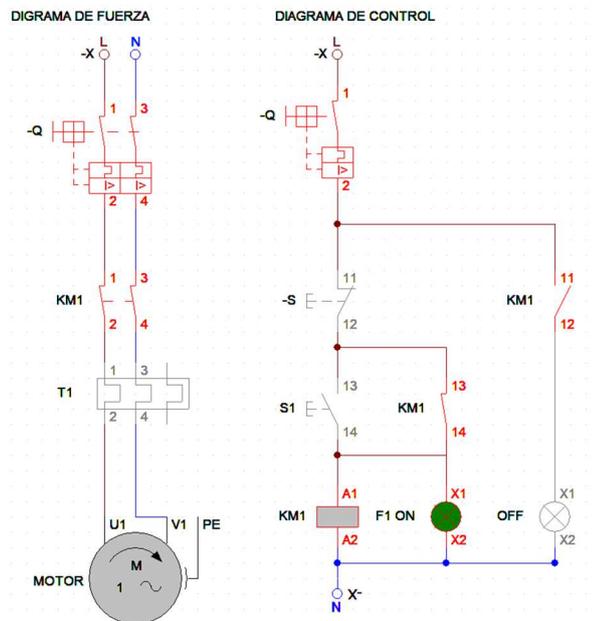
Diagramas de eléctrico de la máquina despulpadora de cacao



Nota : Diagrama de fuerza y diagrama de control que la maquina tiene para su funcionamiento Elaborado por Autor , en Cadesimu 4.1.

Figura 28

Diagramas de eléctrico en operación de la máquina despulpadora de cacao



Nota : Diagrama de fuerza y diagrama de control que la maquina tiene para su funcionamiento en estado activo. Elaborado por Autor, en Cadesimu 4.1.

Selección de elementos eléctricos

La selección de los elementos eléctricos se basó en el cálculo de la potencia del motor. A partir de estas especificaciones, se consultaron catálogos técnicos para identificar los componentes más adecuados que garanticen el funcionamiento óptimo del circuito.

Mogro y Vera (2022) recomiendan utilizar elementos que faciliten la gestión y supervisión tanto de los circuitos de control como de potencia, asegurando así un desempeño eficiente de las máquinas despulpadoras de cacao. En la Tabla 14, se detallan los componentes recomendados, junto con su función específica dentro del circuito, en correspondencia con el plano eléctrico del proyecto.

Protecciones - Fusibles y breaker termomagnético

Estos dispositivos protegen el sistema contra sobrecargas y cortocircuitos, evitando daños en los equipos. El fusible se rompe cuando la corriente excede los niveles permitidos, interrumpiendo el flujo eléctrico, mientras que el breaker puede rearmarse manualmente tras su activación, permitiendo su reutilización.

La selección del breaker se realizó considerando los valores de corriente operativa de 1.5 A y la tensión de la máquina de 110/220 V. Esta elección se fundamenta en las características evaluadas del motor que se integrará en el sistema.

Pulsadores

La normativa ASTM F875 establece requisitos para pulsadores de seguridad con enclavamiento, garantizando que la máquina no se reinicie de forma accidental tras una emergencia y asegurando la protección del operador.

Luces piloto (Indicadoras)

Luces piloto verde y roja: Permiten la supervisión visual del estado de la máquina, mejorando la gestión operativa.

Contactores

Los contactores permiten controlar el encendido y apagado del motor de forma remota, facilitando su operación automatizada. La bobina del contactor se seleccionó en función de la tensión del motor (110/220 V), asegurando así su integración eficiente en

el circuito de potencia. Esta elección se realizó de acuerdo con las características calculadas previamente del motor

Relé térmico

Este dispositivo salvaguarda el motor de posibles sobrecalentamientos al interrumpir el suministro eléctrico si se detectan temperaturas inusuales. Su elección se fundamenta en la potencia del motor (2 HP) seleccionada anteriormente, asegurando así una protección eficaz y apropiada.

Motor y reductor de velocidad

El motor de la marca WEG, modelo abierto, cuenta con una potencia de 2 HP y una tensión de 110/220 V. Estas especificaciones coinciden con los cálculos previos de potencia y del torque necesario para el funcionamiento de la máquina, seleccionado por su capacidad para proporcionar la potencia requerida para el corte de las mazorcas, que implica una fuerza de 510 N.

El reductor trifásico con carcasa tipo D56 y salida a 60 rpm permite ajustar la velocidad del motor, garantizando una operación precisa del sistema.

Caja de elementos eléctricos

La caja eléctrica agrupa y protege los elementos del circuito, facilitando las conexiones y evitando riesgos de contacto accidental o daños por factores ambientales.

Tabla 14

Elementos eléctricos de control para el funcionamiento de la máquina

Elemento	Función	Características
	Fusibles prevenir sobrecargas y cortocircuitos.	Breaker termo magnético
	Detiene rápidamente la máquina en situaciones críticas o emergencias.	Pulsador parado de emergencia con enclavamiento liberación de giro 22mm 1nc
Pulsador inicio de operación	Inicia la operación de la máquina	Pulsador

		
Pulsador fin de operación 	Finaliza la operación de la máquina	Pulsador
luces de indicación de operación 	Luz verde indicadora la operación (on)	Luz piloto verde
luces de indicación de paro 	Luz roja indicadora reposo (off)	Luz piloto roja
Contactores 	Permiten el control del encendido y apagado del motor.	Contactor bobina
Protecciones de motor 	Permite prevenir el sobrecalentamiento y la protección del motor	Relé térmico
Motor 	Proporciona la potencia para el funcionamiento de la máquina.	Marca: weg modelo : abierto Reductor trifásico potencia hp : 2 hp tensión : 110/220 tipo carcasa : d56 medida eje : 15.87 rpm : 30
Caja de elementos 	Caja de elementos eléctricos, donde se realizan las conexiones	

Nota: Listado de elementos eléctricos de control que ayudan al funcionamiento de la máquina Elaborado por: Autor.

Elementos de control y datos

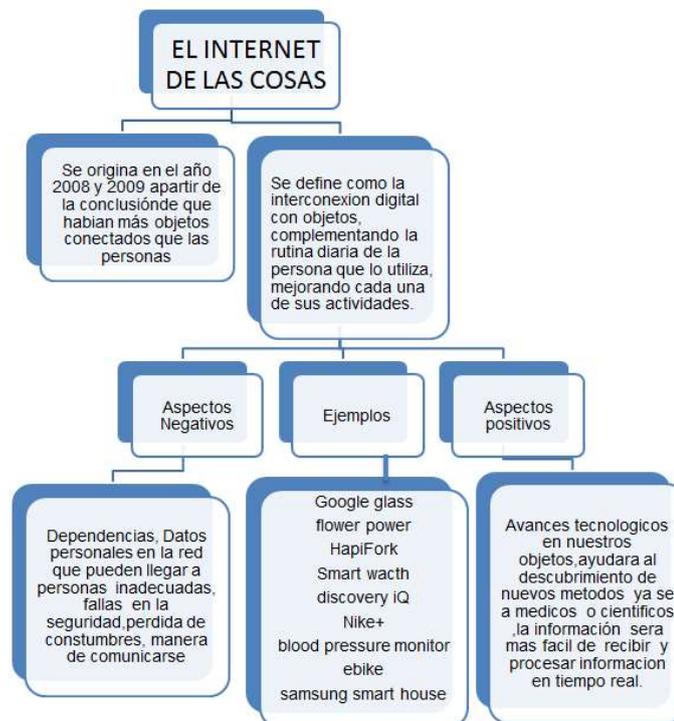
Los sistemas de control y la recolección de información son fundamentales para el proyecto de la máquina, ya que posibilitan la monitorización de los procesos en tiempo real. Para mejorar la eficiencia operativa y la recopilación de datos, es crucial incorporar Internet de las Cosas (IoT) en las máquinas. Esta tecnología facilitará la comunicación y el intercambio de datos entre los distintos componentes de la máquina, lo que permitirá formular ajustes automáticos fundamentados en datos en tiempo real.

Plataforma Iot

Según Villacís-Guerrero, J. del P. (2022), una plataforma de IoT es esencial como el fundamento que permite la interconexión de múltiples dispositivos, facilitando su operación simultánea y la circulación de grandes cantidades de información valiosa para la empresa. Esto establece un entorno digital integral donde la plataforma IoT conecta puntos de acceso, hardware y redes de datos para ofrecer soluciones optimizadas que benefician a los usuarios.

Figura 29

Descripción del internet de las cosas



Nota: Descripción específica del internet de las cosas. Recuperado de : Mirella. (2017, October 12). INTERNET DE LAS COSAS. <https://practica6kimberly.blogspot.com/2017/10/internet-de-las-cosas.html>

Según un informe elaborado por el Observatorio Nacional de Tecnología y Sociedad (ONTSI), dependiente del Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital de España, la implementación de plataformas IoT en las empresas españolas se incrementó del 17% al 28% entre 2020 y 2022 (ONTSI, 2022).

Figura 30 IoT en la industria



Nota: verificación de datos en la industria. Recuperado de : Sobrino, C. (2022, October 19). Plataformas IoT: ¿Qué son y cuáles son sus componentes? CAPTIA. Recuperado de: <https://www.captia.es/blog/plataformas-iot.html>

En la tabla 15, proporciona una síntesis clara y precisa de los elementos fundamentales que integran un sistema completo de IoT, donde cada componente desempeña un rol crucial en la operatividad y administración del entorno IoT. Cada elemento, desde los dispositivos físicos que recolectan datos hasta las plataformas de conectividad y análisis avanzado, contribuye significativamente a la capacidad del sistema para receptor, procesar y utilizar la información de manera eficaz.

Tabla 15

Componentes principales para un sistema de IoT

Componente	Descripción
Plataforma de conectividad	Permite la conexión de dispositivos IoT a redes como Wi-Fi, redes celulares, 6LoWPAN (red de área personal inalámbrica de baja potencia) y ZigBee (red inalámbrica de baja potencia y tasa de datos).
microcontroladores	Gestiona la complejidad de dispositivos IoT mediante la visualización y control de parámetros, monitoreo de máquinas, ajustes algorítmicos y administración de parches de seguridad para mantener la integridad y eficiencia del sistema.
Dispositivos físicos	Son los dispositivos con sensores que recolectan datos básicos del entorno operativo y entradas de usuarios. Ejemplos incluyen cámaras con sensores de movimiento, automóviles con sensores de presión de neumáticos y asistentes virtuales como Alexa.

Tablero de verificación de datos

Proporciona una interfaz para visualizar y comprender los datos analizados del sistema IoT, facilitando decisiones informadas a nivel empresarial y permitiendo la automatización de instrucciones hacia los dispositivos IoT.

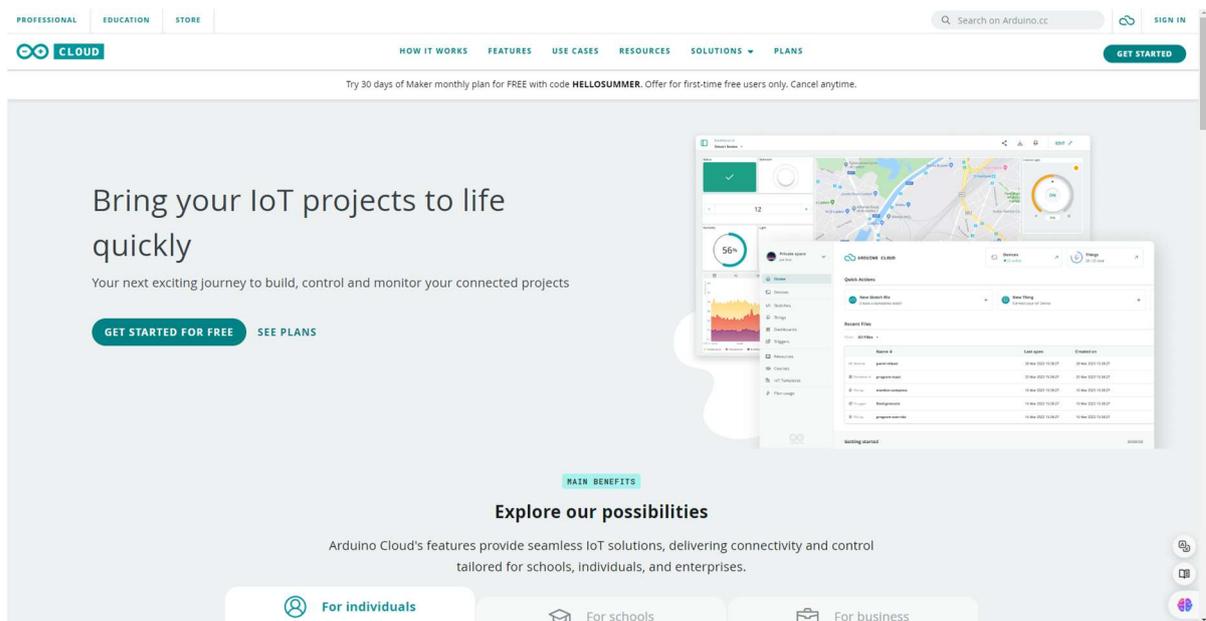
Elaborado por Autor

- **Plataforma Iot – Arduino cloud**

La plataforma Arduino Cloud que muestra la figura 31, es una plataforma completa que facilita el desarrollo y la gestión de proyectos basados en plataformas Arduino. Esta herramienta está integrada de forma intuitiva con todas las placas, incluidas las conocidas por los desarrolladores ESP32 y Raspberry Pi. Sus propiedades sobresalientes son cruciales para permitir la programación, supervisión y control de dispositivos IoT.

Figura 31

Plataforma Arduino cloud



Nota: Arduino Cloud | Build, Control, Monitor Your IoT Projects. (n.d.). Recuperado de : <https://cloud.arduino.cc/>

En la tabla 16 nos describe algunas características principales de los beneficios y opciones que se puede tener en esta plataforma.

Tabla 16

Características y descripciones que encontramos en Arduino Cloud.

Características	Descripción
Conectividad	Permite conectar dispositivos Arduino a la nube, facilitando el monitoreo remoto y control desde cualquier ubicación.
Interfaz Intuitiva	Ofrece una interfaz gráfica fácil de usar para configurar y gestionar dispositivos conectados, sin necesidad de programación avanzada.
Compatibilidad	Compatible con varias placas Arduino diseñadas para IoT, como Arduino MKR y Arduino Nano 33 IoT, entre otras.
Gestión de Datos	Permite visualizar datos en tiempo real mediante dashboards personalizables, configurar reglas de automatización y recibir notificaciones basadas en eventos.
Seguridad	Incorpora medidas de seguridad para proteger la integridad y privacidad de los datos transmitidos entre dispositivos y la plataforma en la nube.
Escalabilidad	Admite proyectos desde individuales hasta implementaciones complejas con múltiples dispositivos y grandes volúmenes de datos.

Elaborado por Autor

- **Microcontrolador para IoT**

Un microcontrolador es una computadora pequeña que generalmente se utiliza para controlar dispositivos electrónicos. Debido a su bajo costo, su bajo consumo de energía y su facilidad para integrarse en múltiples dispositivos, se utiliza con frecuencia en los entornos basados en Internet de las Cosas (IoT)

El microcontrolador ESP32 es uno de los desarrollos más significativos en el campo de la electrónica. Y en el Internet de las Cosas (IoT). Creado por Espressif Systems, se ha establecido como una de las opciones más populares entre desarrolladores y entusiastas, gracias a su versatilidad, rendimiento y precio accesible

Figura 32

Microcontrolador ESP32



Nota: Microcontrolador ESP32 Referencia: ARDUINO UNO WiFi REV2. (n.d.). Arduino Online Shop. Recuperado de : <https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-uno-wifi-rev2?selectedStore=us>

La elección de utilizar ESP32 en lugar de otros microcontroladores para esta aplicación se basó en una serie de factores importantes. El ESP32 se destaca por su capacidad de conectividad, ya que ofrece WiFi y Bluetooth Low Energy (BLE), ambos esenciales para aplicaciones IoT.

Tabla 17

Características Técnicas de un microcontrolador ESP32

Característica	Descripción
Arquitectura	Microcontrolador de 32 bits con arquitectura Xtensa LX6 dual-core (80 MHz a 240 MHz)
Memoria	- Memoria RAM: Hasta 520 KB - Memoria Flash: Hasta 16 MB
Conectividad	Wi-Fi: estándares 802.11 b/g/n/e/i (2.4 GHz) - Bluetooth: versión 4.2 BR/EDR y Bluetooth de Baja Energía (BLE)
GPIOs	Hasta 36 pines GPIO (General Purpose Input/Output)
Interfaces	- UART, SPI, I2C, I2S, PWM - ADC (Convertidor Analógico-Digital) de hasta 18 canales con resolución de 12 bits
Seguridad	Soporte para criptografía AES, SSL/TLS, hashing seguro y funciones de seguridad avanzadas
Consumo de energía	Gestión avanzada de energía con modos de bajo consumo para prolongar la duración de la batería
Sistema Operativo	Sin sistema operativo (RTOS FreeRTOS preinstalado), pero puede ejecutar aplicaciones bajo frameworks como el entorno Arduino IDE o el ESP-IDF (Framework de Desarrollo para IoT de ESP32).

Elaborado por : Autor

El procesador que tiene este microcontrolador doble núcleo lo hace ideal para aplicaciones que requieren una larga duración de la batería porque consume menos

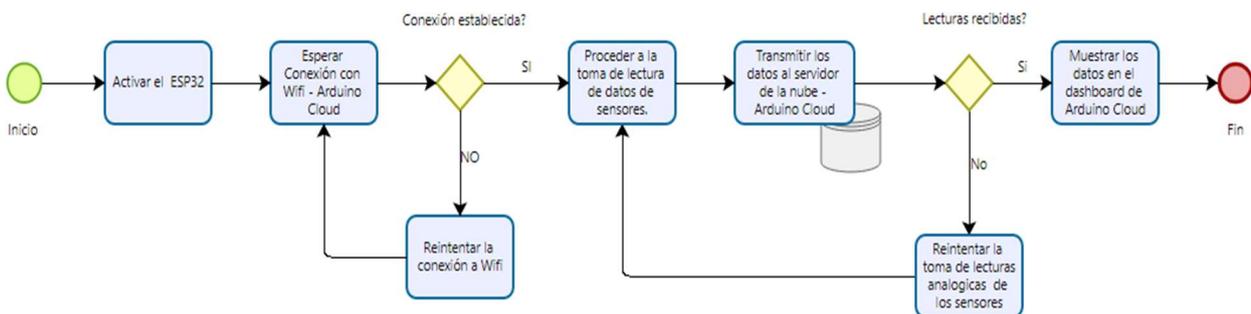
energía. El ESP32 se consideró la mejor opción llevando a cabo una implementación efectiva y optimizada del sistema domótico recomendado a diferencia del Raspberry Pi Zero W, que consume más energía y requiere un sistema operativo completo.

En la figura 33 se presenta el diagrama de flujo de conexión del ESP32, el cual funciona como una guía para entender el proceso y la configuración del programa en Arduino Cloud, encargado de recibir y visualizar los datos en la nube. El diagrama detalla cada fase, desde la configuración inicial del dispositivo hasta el envío de las lecturas de los sensores. Esto proporciona una visión clara sobre la gestión de la conexión Wi-Fi y la transmisión de datos, lo que ayuda a identificar posibles errores o áreas donde el sistema puede mejorarse.

Diagrama de flujo de conexión de ESP32

Figura 33

Diagrama de Flujo de Conexión de ESP32



Nota: Diagrama de Flujo de conexión , paso a paso mostrando el proceso que el microcontrolador ESP32 tendrá para la lectura de los datos que se recibirá en la nube de Arduino Cloud. Elaborado por : Autor Software Bizagi 2022

Sensores para la máquina

- **Contador de objetos**

Sensor infrarrojo E18-D50NK de proximidad con ajuste tipo switch.

Este dispositivo utiliza un sensor fotoeléctrico que conecta el transmisor y el receptor. Los requisitos necesarios de la máquina pueden determinar la distancia de detección. El sensor ofrece una distancia de detección precisa y tiene una buena capacidad para resistir la interferencia de la luz visible. Tiene una salida de control de relé de 100 mA a 5 V con corriente de CC/SCR y un consumo de corriente de CC inferior a 25 mA.

Figura 34

Sensor infrarrojo de proximidad tipo switch ajustable E18-D50NK.



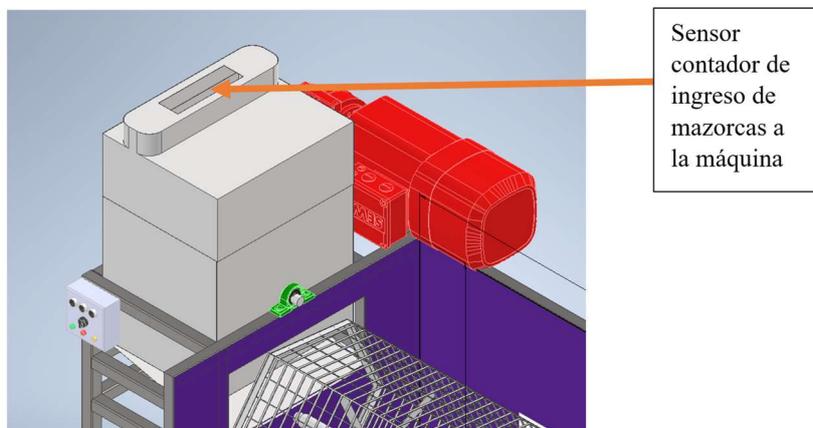
Nota: Sensor E18-d5ank infrarrojo ayuda al procesamiento de conteo de la cantidad de mazorcas que ingresan a la máquina estos datos serán arrojados en tiempo real que ayudan a la revisión del proceso de producción. Recuperado de : SENSOR AJUSTABLE TIPO SWITCH E18-D50NK 3-50CM INFRARROJO DE PROXIMIDAD – Grupo Electrostore. (n.d.). <https://grupoelectrostore.com/shop/sensores/infrarrojos/sensor-ajustable-tipo-switch-e18-d50nk-3-50cm-infrarrojo-de-proximidad/>

La implementación del sensor S1, es fundamental para determinar la cantidad de mazorcas que ingresan a la máquina. Permitirá llevar un registro preciso de la cuantificación de material que se procesa gracias a su capacidad para captar de manera precisa y segura la existencia de mazorcas. Esto no solo facilita el control y la gestión del rendimiento de la máquina, sino que también proporciona datos útiles para la coordinación de operaciones y la optimización de los flujos de producción.

- **Ubicación de sensor S1 contador infrarrojo en la máquina**

Figura 35

Sensor contador infrarrojo



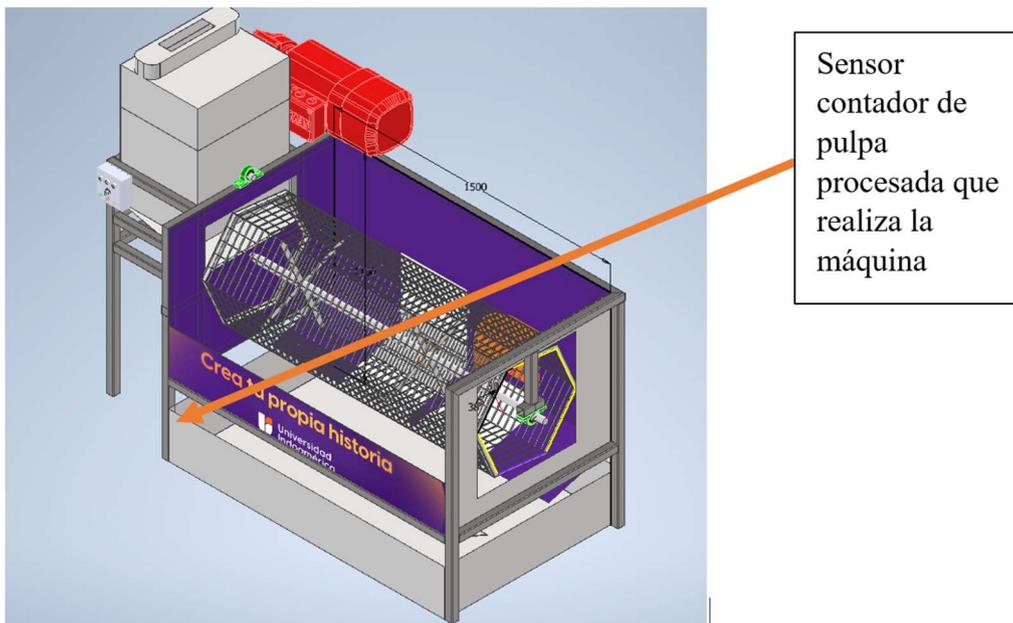
Elaborado por : Autor en Autodesk Inventor 2022

El sensor S2 infrarrojo también ayudará a poder calcular la cantidad de pulpa procesada, ya que el sensor nos permite recibir un valor de cantidad número que realizando una relación podremos interpretar el peso que la máquina está produciendo.

- **Ubicación de sensor S2 contador infrarrojo en la máquina**

Figura 36

Ubicación de sensor S2 contador infrarrojo en la máquina

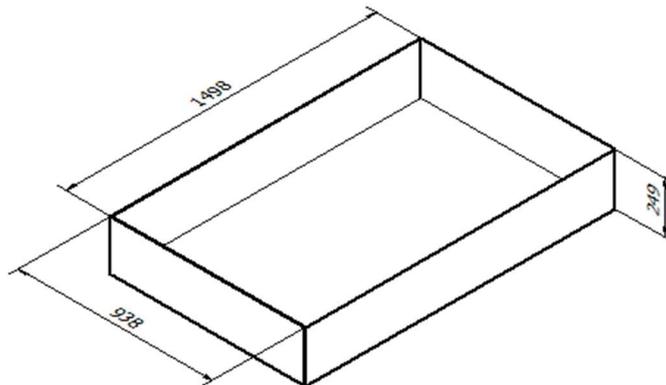


Nota: Sensor contador de pulpa procesada que realiza la máquina Elaborado por: Autor en Autodesk Inventor 2022

En la máquina, en su parte inferior se tiene un recipiente de almacenamiento donde se recolectará las semillas de cacao despulpado en el cual tiene las siguientes dimensiones:

Figura 37

Dimensiones de recipiente de almacenamiento de semillas despulpadas de cacao



Nota: Recipiente que almacenara la cantidad de pulpa de cacao que la maquina produzca Elaborado por Autor en Autodesk Inventor 2022

El recipiente se fabricará en acero inoxidable AISI 304, un material ideal para aplicaciones alimentarias, ya que garantiza que las semillas de cacao despulpado se almacenen sin riesgo de contaminación. Se recomienda un espesor nominal de 0.8 mm a 1 mm para su construcción, asegurando la combinación adecuada de resistencia y ligereza.

Este tipo de acero es comúnmente utilizado en las industrias lácteas y de alimentos gracias a su excelente protección contra la corrosión y a su facilidad de mantenimiento, lo que contribuye a mantener altos estándares de higiene.

- **Cálculo de volumen de recipiente de almacenamiento.**

$$V = L1 * L2 * h1 \quad \text{(Ecuación 15)}$$

$$V = 0.938m * 1.498m * 0.249m$$

$$V = 0.3598 m^3$$

El Recipiente de almacenamiento tendrá una capacidad de almacenamiento de 0.3598 m³ las cuales haciendo una relación se tendrá:

Datos:

Densidad de la pulpa de cacao CCN-5 = 1.076 gr/ml

Transformando la densidad: $1076 \frac{kg}{m^3}$

Relación volumen – Peso (Ecuación 16)

$$\text{Peso total del recipiente de almacenamiento} = 0.35 \text{ m}^3 \times 1076 \frac{kg}{m^3}$$

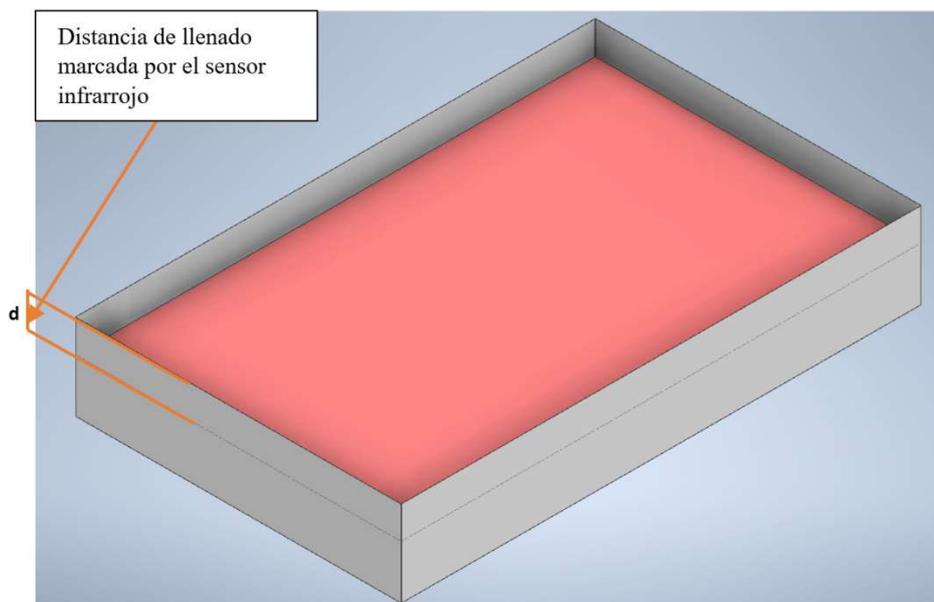
$$\text{Peso total del recipiente de almacenamiento} = 376.6 \text{ kg}$$

Según la relación de volumen y peso, cuando el recipiente de almacenamiento se llene completamente, contendrá aproximadamente 377 kg de semillas de cacao despulpado. Esto, convertido a las unidades utilizadas en nuestro proyecto, equivale a un total de 3.77 quintales.

El sensor medirá una distancia dentro del recipiente. Podemos calcular la cantidad de cacao procesada por la máquina tanto en kilos como en quintales realizando la conversión de volumen a peso. Esto nos permitirá monitorear la eficiencia del proceso de despulpado en tiempo real y garantizar un control preciso de la producción.

Figura 38

Relación Peso - Volumen del recipiente de almacenamiento



Elaborado por : Autor en Autodesk Inventor 2022

Sensor de monitoreo de temperatura y humedad xh-w1209d

Este módulo XH-W1209 activa un equipo eléctrico a través de un relé y permite la medición y el monitoreo de la temperatura en un entorno controlado. El termistor NTC 10K 0.5% utilizado es un sensor de temperatura con un cable original de 30 cm que se puede extender hasta 2 metros. La pantalla, que tiene tres dígitos rojos, muestra la temperatura y permite ajustar fácilmente los parámetros operativos, mostrando el valor con un decimal exacto.

Figura 39

Sensor de temperatura y humedad módulo XH-W1209

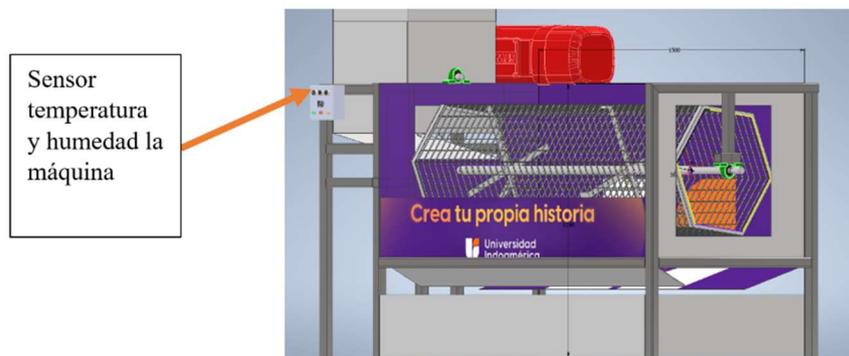


Nota : Sensor de temperatura y humedad que nos ayuda a monitorear el entorno de la máquina en tiempo real SENSOR AJUSTABLE TIPO SWITCH E18-D50NK 3-50CM INFRARROJO DE PROXIMIDAD – Grupo Electrostore. (n.d.). <https://grupoelectrostore.com/shop/sensores/infrarrojos/sensor-ajustable-tipo-switch-e18-d50nk-3-50cm-infrarrojo-de-proximidad/>

Ubicación del sensor de temperatura y humedad en la máquina

Figura 40

Ubicación de temperatura y humedad en la máquina

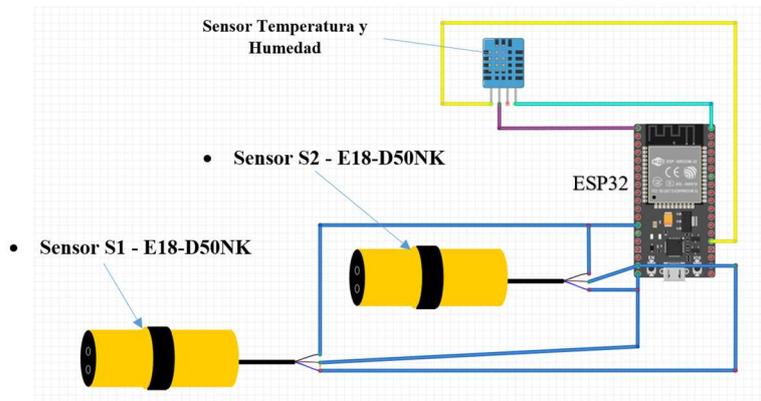


Elaborado por: Autor en Autodesk Inventor 2022

Diagrama de conexión de sensores

Figura 41

Diagrama de conexión circuitos de control de datos



Elaborado por : Autor

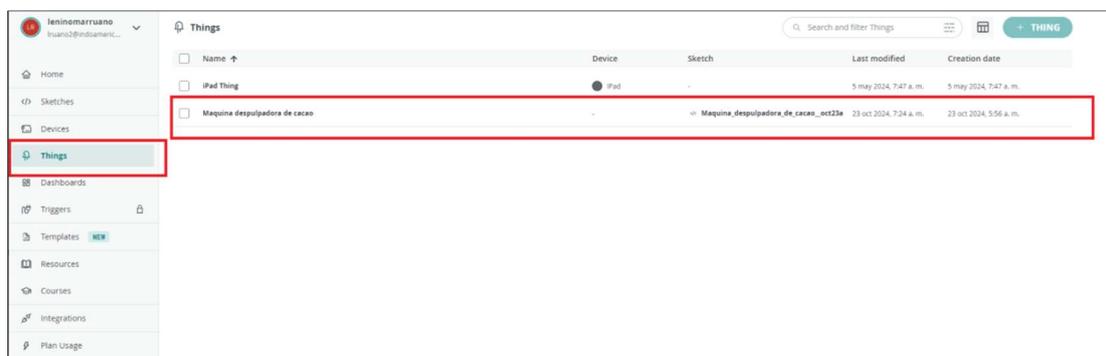
Configuración de componentes en la plataforma Arduino Cloud

En la creación de un proyecto de programación, es crucial considerar desde el principio cómo se conectan los sensores a la plataforma elegida. En nuestro caso, hemos optado por Arduino Cloud como la plataforma principal. Utilizando esta aplicación en la nube, se ha configurado una cuenta que permite registrar de manera detallada todos los elementos necesarios para llevar a cabo el proyecto.

Gracias a la naturaleza intuitiva y accesible de la plataforma, el proyecto se inicia con su creación, lo que facilita una identificación eficiente y estructurada de los componentes involucrados

Figura 42

Creación del Proyecto en el software de la nube Arduino Cloud

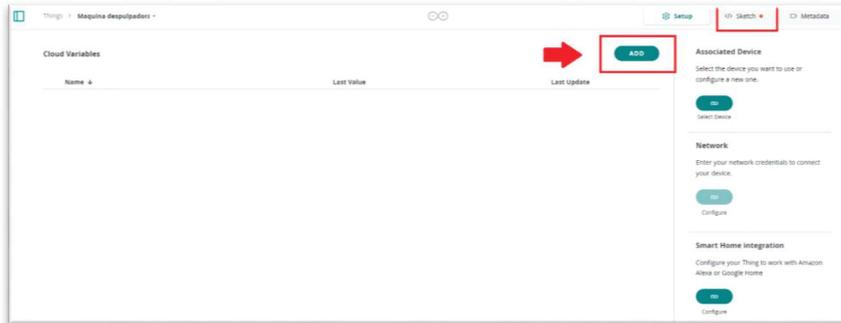


Nota : Asignación y creación del proyecto en el software de la nube Arduino Cloud donde asignaremos y crearemos los componentes de lectura de datos. Recuperado de Plataforma Arduino Cloud , elaborado por Autor

Al crear nuestro proyecto en la plataforma en la nube de Arduino Cloud, asignamos a cada componente un nombre y una variable correspondiente. Esta variable es crucial, ya que será la encargada de evaluar y reconocer los datos recopilados. Posteriormente, el dashboard se encargará de revisar y visualizar estos datos de manera continua.

Figura 43

Ingreso de componentes de recolección de datos en la plataforma de Arduino Cloud

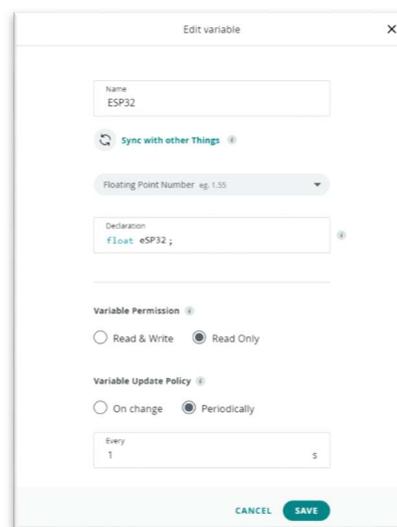


Nota : Asignación de componentes proyecto en el software de la nube Arduino Cloud. Recuperado de Plataforma Arduino Cloud , elaborado por Autor

Se ingresan los datos y los nombres de los componentes y sensores, comenzando con el ESP32. A continuación en la figura 44, se realiza el reconocimiento de estos en la plataforma. Luego, se asigna una variable a cada componente, y se define el nivel de permiso que tendrá dentro del circuito.

Figura 44

Configuración de variables de ESP32 en Arduino Cloud



Nota : Creación del elemento y asignación de variable correspondiente en el software de la nube Arduino Cloud, se realiza la lectura online y tiempo de lectura de 1 segundo, Recuperado de Plataforma Arduino Cloud , elaborado por Autor

La configuración de variables es esencial para garantizar el funcionamiento óptimo de los componentes. Para ello, hemos establecido dos aspectos clave que determinan el comportamiento de las variables: Permisos de Variable y Política de Actualización de Variables. A continuación, se detallan ambos conceptos:

- **Permisos de Variable (Variable Permission)**

Los permisos definen cómo puede interactuar una variable con la plataforma, determinando si su función será únicamente de salida de datos o si podrá también recibir información.

Existen dos tipos de permisos:

Read & Write: La variable puede actuar tanto como entrada como como salida, lo que permite el flujo de datos en ambas direcciones; es decir, los datos pueden ser enviados desde el dispositivo hacia la nube y viceversa.

Read Only: La variable solo funciona como salida, permitiendo que los datos se envíen únicamente desde el dispositivo hacia la nube.

Política de Actualización de Variables (Variable Update Policy): La política de actualización se refiere a las condiciones bajo las cuales una variable actualiza su valor en la nube. Esto asegura que los datos reflejen con precisión los cambios en el dispositivo, sin generar sobrecargas innecesarias.

Se consideran dos opciones de actualización:

On change: La variable se actualizará en la nube solo cuando el cambio en su valor sea igual o mayor al umbral previamente definido.

Periodically: La variable se actualizará de forma periódica en la nube, siguiendo el intervalo de tiempo en segundos que se haya especificado.

Figura 45

Configuración de Variables del Sensor S1 - Plataforma Arduino Cloud

The screenshot shows the 'Edit variable' configuration window for Sensor S1. The 'Name' field contains 'S1_E18_D50NK'. Below it is a 'Sync with other Things' button. The 'Counter eg. 1' dropdown menu is selected. The 'Declaration' field contains the code 'CloudCounter s1_E18_D50NK;'. Under 'Variable Permission', the 'Read Only' radio button is selected. Under 'Variable Update Policy', the 'Periodically' radio button is selected, and the 'Every' field is set to '1' with a unit of 's'. At the bottom, there are 'CANCEL' and 'SAVE' buttons.

Nota : Creación del elemento sensor S1 y asignación de variable correspondiente en el software de la nube Arduino Cloud, se realiza la lectura online y tiempo de lectura de 1 segundo, Recuperado de Plataforma Arduino Cloud , elaborado por Autor

Figura 46

Configuración de Variables del Sensor S2 - Plataforma Arduino Cloud

The screenshot shows the 'Edit variable' configuration window for Sensor S2. The 'Name' field contains 'S2_E18_D50NK'. Below it is a 'Sync with other Things' button. The 'Volume eg. 1 m³ (or L)' dropdown menu is selected. The 'Declaration' field contains the code 'CloudVolume s2_E18_D50NK;'. Under 'Variable Permission', the 'Read Only' radio button is selected. Under 'Variable Update Policy', the 'Periodically' radio button is selected, and the 'Every' field is set to '5' with a unit of 's'. At the bottom, there are 'CANCEL' and 'SAVE' buttons.

Nota : Creación del elemento sensor S2 y asignación de variable correspondiente en el software de la nube Arduino Cloud, se realiza la lectura online y tiempo de lectura de 5 segundo, Recuperado de Plataforma Arduino Cloud , elaborado por Autor

Figura 47
Configuración de Variables de temperatura y humedad - Plataforma Arduino Cloud

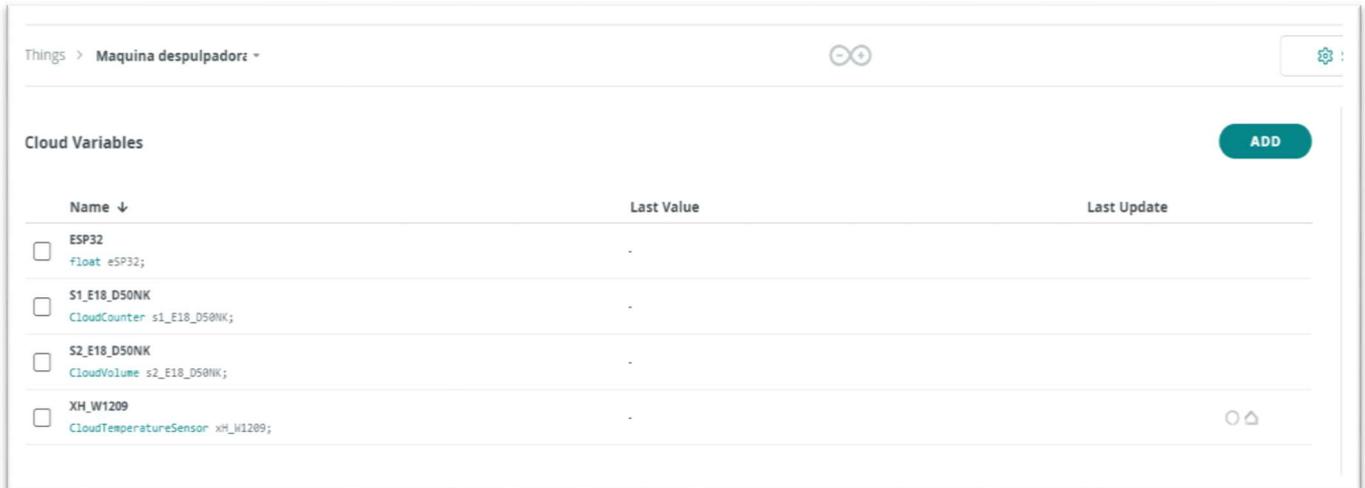
The screenshot shows the 'Edit variable' interface in the Arduino Cloud platform. The variable name is 'XH_W1209'. There is a 'Sync with other Things' button. The sensor type is 'Temperature Sensor (°C)' with a refresh icon and 'eg. 1 °C'. The declaration is 'CloudTemperatureSensor xH_W1209 ;'. The variable permission is set to 'Read Only'. The update policy is 'Periodically' with an interval of '5' seconds. The interface includes 'CANCEL' and 'SAVE' buttons at the bottom.

Nota : Creación del elemento sensor XH_W1209 de temperatura y humedad. Asignación de variable correspondiente en el software de la nube Arduino Cloud, se realiza la lectura online y tiempo de lectura de 5 segundo, Recuperado de Plataforma Arduino Cloud , elaborado por Autor

Una vez que hemos configurado los componentes y sus variables en la plataforma de Arduino Cloud, pasamos a la pestaña de programación. En esta sección, se implementan los códigos y se definen los parámetros necesarios para que la plataforma reciba correctamente los datos de lectura.

Figura 48

Componentes registrados en la plataforma de Arduino Cloud.



Nota : Listado de elementos creados en Cloud variables , en el software de la nube Arduino Cloud para la lectura de datos. Recuperado de Plataforma Arduino Cloud , elaborado por Autor

Programación

En esta fase, se describirá el funcionamiento de cada uno de los elementos, abordando su rol dentro del sistema y su contribución al flujo de información. La programación es un paso esencial para asegurar que los dispositivos funcionen según las especificaciones deseadas, lo que permite una transmisión de datos eficaz y fiable.

- **Sensor S1 - E18-D50NK**

La instalación del sensor ajustable S1 E18-D50NK, que emplea tecnología infrarroja de proximidad, se ha realizado para detectar con precisión la entrada de mazorcas de cacao en la máquina. Se ha programado el sensor para calibrar la distancia de detección conforme a las necesidades específicas de la máquina, garantizando así un conteo exacto y en tiempo real de las mazorcas procesadas.

Figura 49

Programación del sensor S1 con el microcontrolador ESP32

```
49
50 // Pin del sensor
51 const int sensorPin = 4;
52 volatile int count = 0;
53
54 void setup() {
55 // Inicialización de la comunicación serial
56 Serial.begin(115200);
57
58 // Definición del pin del sensor como entrada
59 pinMode(sensorPin, INPUT);
60
61 // Conexión al WiFi y a Arduino Cloud
62 initProperties();
63 ArduinoCloud.begin(ArduinoIoTPreferredConnection);
64 setDebugMessageLevel(2);
65 ArduinoCloud.printDebugInfo();
66
67 // Configuración de interrupción para el sensor
68 attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensorPin), countPods, FALLING);
69 }
70
71 void loop() {
72 // Llamada a la rutina de Arduino Cloud
73 ArduinoCloud.update();
74 }
75
76 // Función de interrupción para contar mazorcas
77 void countPods() {
78 count++;
79 Serial.println(count);
80 }
81
82 // Variable conectada a Arduino Cloud
83 CloudVariable<int> podCount;
84
85 // Inicialización de propiedades de Arduino Cloud
86 void initProperties() {
87 ArduinoCloud.addProperty(podCount, READ, ON_CHANGE, NULL);
88 podCount = count;
```

Elaborado por : Autor en Arduino cloud

- **Sensor S2 - E18-D50NK**

La programación del sensor S2 posibilita la conversión de las lecturas de volumen a peso mediante la densidad de la pulpa de cacao (1076 kg/m³). Esta medición utiliza la distancia (altura) para determinar y analizar el volumen del recipiente. Con esta configuración, el sistema calcula con exactitud el peso total del cacao despulpado, facilitando así el control del proceso y la optimización del flujo de producción. Además, esta funcionalidad garantiza que los operarios dispongan de datos exactos y en tiempo real sobre la cantidad de pulpa procesada.

Figura 50

Programación del sensor S2 con el microcontrolador ESP32

```
93 // Pin del sensor
94 const int sensorPin = 4;
95
96 // Dimensiones del recipiente en metros (L1, L2, h1)
97 const float L1 = 0.938; // Longitud en metros
98 const float L2 = 1.498; // Ancho en metros
99 const float h1 = 0.249; // Altura en metros
100
101 // Densidad de la pulpa de cacao en kg/m³
102 const float densidadCacao = 1076.0; // kg/m³
103
104 void setup() {
105 // Inicialización de la comunicación serial
106 Serial.begin(115200);
107
108 // Definición del pin del sensor como entrada
109 pinMode(sensorPin, INPUT);
110
111 // Conexión al WiFi y a Arduino Cloud
112 initProperties();
113 ArduinoCloud.begin(ArduinoIoTPreferredConnection);
114 setDebugMessageLevel(2);
115 ArduinoCloud.printDebugInfo();
116 }
117
118 void loop() {
119 // Medir la distancia con el sensor (en metros)
120 float distancia = medirDistancia();
121
122 // Calcular el volumen actual en el recipiente (en metros cúbicos)
123 float volumen = L1 * L2 * distancia;
124
125 // Calcular el peso aproximado en kg
126 float peso = volumen * densidadCacao;
127
128 // Mostrar en consola para verificación (opcional)
129 Serial.print("Distancia medida: ");
130 Serial.print(distancia);
131 Serial.println(" metros");
132 Serial.print("Volumen actual: ");
133 Serial.print(volumen);
134 Serial.println(" metros cúbicos");
135 Serial.print("Peso aproximado: ");
136 Serial.print(peso);
137 Serial.println(" kg");
138
139 // Actualizar la variable en Arduino Cloud
140 volumenRecipiente = volumen;
141 pesoRecipiente = peso;
142
143 // Llamada a la rutina de Arduino Cloud
144 ArduinoCloud.update();
145 delay(5000); // Espera de 5 segundos entre cada medición (ajustable según necesidad)
146 }
147
148 // Función para medir distancia con el sensor E18-D50NK
149 float medirDistancia() {
150 // Implementación según la lectura del sensor
151 // Aquí puedes adaptar el código para leer la distancia del sensor y devolverla en metros
152 // Ejemplo básico:
153 float distancia = analogRead(sensorPin); // Adaptar según especificaciones del sensor
154 return distancia / 100.0; // Ejemplo: convertir lectura a metros
155 }
156
```

Elaborado por: Autor en Arduino cloud

- **Sensor Temperatura y Humedad XH-W1209**

La programación del sensor XH-W1209 para monitorear la temperatura y humedad es esencial para obtener lecturas precisas y en tiempo real del ambiente en el que trabajan los empleados y la máquina. Estos datos son invaluablemente útiles para los agricultores, ya que les permiten tomar decisiones informadas sobre cuándo es el momento ideal para cosechar y procesar el cacao, asegurando así que las condiciones ambientales sean óptimas para mantener la calidad del producto.

Figura 51

Programación del sensor temperatura y humedad con el microcontrolador ESP32

```
169 #include <LiquidCrystal.h> // Librería para manejar la pantalla LCD
170 #include <DHT.h> // Librería para el sensor DHT
171 #include <SimpleDHT.h> // Librería para el sensor DHT22
172
173 // Configuración del sensor DHT
174 #define DHTPIN 2 // Pin digital donde está conectado el sensor DHT
175 #define DHTTYPE DHT22 // Tipo de sensor DHT (DHT11, DHT21, DHT22)
176
177 // Configuración del LCD
178 LiquidCrystal lcd(7, 6, 5, 4, 3, 2); // Pins RS, E, D4, D5, D6, D7 para LCD
179
180 // Objeto para el sensor DHT
181 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
182
183 void setup() {
184 // Inicialización de la comunicación serial
185 Serial.begin(9600);
186
187 // Inicialización del LCD
188 lcd.begin(16, 2); // Inicializa el LCD de 16x2 caracteres
189
190 // Inicialización del sensor DHT
191 dht.begin();
192 }
193
194 void loop() {
195 // Lectura de temperatura y humedad
196 float temperature = dht.readTemperature(); // Lectura de temperatura en grados Celsius
197 float humidity = dht.readHumidity(); // Lectura de humedad relativa
198
199 // Mostrar resultados en el LCD
200 lcd.setCursor(0, 0); // Establece la posición del cursor en la primera fila, primera columna
201 lcd.print("Temp: ");
202 lcd.print(temperature);
203 lcd.print(" C");
204
205 lcd.setCursor(0, 1); // Establece la posición del cursor en la segunda fila, primera columna
206 lcd.print("Hum: ");
207 lcd.print(humidity);
208 lcd.print("%");
209
210 // Mostrar resultados en el monitor serial
211 Serial.print("Temperatura: ");
212 Serial.print(temperature);
213 Serial.print(" C, Humedad: ");
214 Serial.print(humidity);
215 Serial.println("%");
216
217 delay(2000); // Espera de 2 segundos entre cada lectura
218 }
```

Elaborado por: Autor en Arduino cloud

Dashboard – Interfaz de visualización de datos

La conexión de los sensores de la máquina es crucial, ya que permite monitorear su estado en tiempo real. Con estos sensores, podemos obtener y visualizar datos a través de un dashboard en Arduino Cloud. Esta plataforma nos permite observar los parámetros que la máquina está registrando desde cualquier lugar del mundo, ya sea a través de la web o mediante nuestro smartphone.

Los datos se almacenan y se actualizan de manera continua, aproximadamente cada 2 segundos. Esta frecuencia de actualización es esencial para monitorear en tiempo real la cantidad de pulpa que la máquina está procesando. La capacidad de monitoreo en tiempo real es fundamental para ajustar y optimizar el proceso de producción de manera eficiente y precisa.

Al utilizar Arduino Cloud, no solo podemos visualizar los datos actuales, sino también analizar tendencias y patrones históricos. Estos índices son valiosos para mejorar

El desempeño operativo, permitiendo decisiones fundamentadas sobre ajustes y optimizaciones en el proceso de producción de pulpa de cacao.

Figura 52

Dashboard - Ubicación de cuadros de datos Arduino Cloud



Elaborado por: Autor en Arduino cloud

En el en la Figura 52 Dashboard - Ubicación de cuadros de datos Arduino Cloud se presentan 5 pantallas que abarcan diferentes aspectos del proceso de recepción de datos tales como:

Como se muestra en el Cuadro de datos 1, se visualiza la cantidad de mazorcas que entran a la máquina, con un análisis detallado en periodos mensuales, semanales, diarios y por hora. La variación de estos valores depende del momento del día y de la necesidad de revisión de los datos.

En el Cuadro de datos 2, situado en el lado derecho, se registran los valores de temperatura del entorno donde opera la máquina, junto con un indicador de humedad relativa. Estos parámetros son esenciales para monitorear las condiciones durante el proceso de despulpado de cacao.

El Cuadro de datos 3 muestra la cantidad de pulpa que está siendo procesada por la máquina. Similar al Cuadro 1, permite verificar estos datos en intervalos mensuales, semanales, diarios y por hora, según sea necesario para el análisis. En el lado izquierdo del Cuadro de datos 3, encontramos un contador que indica la producción actual antes de

la recolección de datos. Este dato es crucial para evaluar si estamos cumpliendo o superando el promedio esperado, lo que permite determinar la eficiencia del proceso de producción.

Resultados esperados

Figura 53

Cursograma Analítico - Aplicando la máquina despulpadora de cacao

Cursograma Analítico				UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA					
Diagrama Núm: 1		Hoja Núm 2 de 2		Resumen Actual		Propuesta		Economía	
Producto : Semilla de cacao en baba.				Actividad		Actual		Propuesta	
Actividad: Proceso de despulpado de semilla de cacao en la Finca				Operación		Incrementación de mazorcas procesadas por hora , eso da como resultado una reducción de 7,07 h. de despulpado para cada quintal despulpado.		Reduccion total de 141,4 h. en el proceso total	
Método: Actual/Propuesto				Transporte					
Lugar:				Espera					
Operario (s): 1 persona - cosechador.				Inspección					
Ficha núm:				Almacenamiento					
				Combinado					
				Distancia (m)		1175 m			
				Tiempo (dias-hombre)		14,4		7,33	
Compuesto por:				Costo					
Aprobado por:				- Mano de obra					
Fecha:				- Material					
Fecha:				Total					
Descripción		Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo				Observaciones
1. Cosecha de mazorca de cacao		1 Quintal	120	1175 m	●				
2. Corte de mazorca de cacao			30		●				
3. Separación de mazorca y pulpa			30		●				
4. Almacenaje de pulpa en tanques			30		●				
5. Transporte de tanques de almacenamiento de pulpa			35		●				
6. Recepción de tanques			30		●				
7. Despulpado de cacao con máquina			60		●				
8. Ensacado de pulpa con semillas de cacao			30		●				
9. Pesaje de semillas			30		●				
10. Transporte de tanques de semillas de cacao			45		●				
			TOTAL MIN						
			440						
			TOTAL QUINTALES						
			TOTAL HORAS						
			TOTAL M. RECORRIDOS						
TOTAL		1 Quintal	7,33	1175 m					

Elaborado por: Autor

Según la figura 53, al realizar el cursograma analítico utilizando el despulpado con la máquina, el tiempo total para despulpar un quintal se reduce a 7 horas y 33 minutos. Comparando este resultado con el método anterior, que requería 14 horas y 44 minutos, se observa una disminución del 49.23% en el tiempo de proceso. Esta reducción significativa no solo incrementa la eficiencia del proceso, sino que también se traduce en menores costos operativos y un uso más eficaz de los recursos.

De igual manera, al evaluar las horas totales trabajadas por el personal en un período de 3 días, que inicialmente eran 288 horas, la implementación de la máquina ha

Análisis de costos

En el Anexo 2, se describen los costos mensuales de la mano de obra vigente en Ecuador en el año 2024, incluyendo todos los costos reglamentarios que intervienen en una empresa. Para este proyecto, se tomaron como referencia a dos personas: un ingeniero constructor y un operario especialista, quienes serán responsables de la fabricación de la máquina. La máquina se fabricará conforme a las especificaciones correspondientes al presente proyecto.

Tabla 18

Tabla de Valor de costo de horas para el presente proyecto

RUBRO\EMPLEADO	Ingeniero constructor	Operario
Costo monetario Hora	\$38,87	\$4,1
Costo monetario hora extra 50%	\$12,63	\$4,1
Costo monetario hora extra 100%	\$16,84	\$5,47

Nota : Ver Anexo 2 ,Elaborado por Autor

La tabla 19, describe todos los materiales que se deberán utilizar para la fabricación de la máquina. Estos materiales están especificados de acuerdo con la proyección y las especificaciones del proyecto. Los valores presentados corresponden a cotizaciones realizadas y reflejan un valor global que no incluye el IVA.

Tabla 19

Tabla de costos de elementos de la máquina

Elemento	Función	Especificación	Cant	Unidad	Precio Unitario	Total
Elementos mecánicos	Estructura base	Tubos cuadrados 40 mm x 2 mm de espesor	3,00	Pieza	\$38,00	\$114,00
	Estructura base	Electrodos	1,00	Kilo	\$4,50	\$4,50
	Tolva	Angulo 20mm x 20 mm x 2 mm de espesor acero inoxidable	2,00	Pieza	\$18,20	\$36,40
		Plancha microperforada acero inoxidable	1,00	Plancha	\$174,00	\$174,00
	Tornillería Acero inoxidable	Autoperforantes Cr-10 x1" hacer inoxidable	100,00	Unidad	\$0,14	\$14,00
	Planchas láminas de acero inoxidable	Recubrimiento interior Acero inoxidable	2,00	Plancha	\$145,00	\$290,00
	Catalina para cadena	Poleas de transmisión	4,00	Unidad	\$45,00	\$180,00

Ensamblaje- funcionamiento	Eje de corte	Eje de 1" 1/8 mm transmisión con dureza	1,00	Unidad	\$45,00	\$45,00	
	Eje tolva	Eje de acero inoxidable 1" 1/8	1,00	Unidad	\$28,00	\$28,00	
	Cuchillas de corte	Cuchillas de corte acero inoxidable	6,00	Unidad	\$7,80	\$46,80	
	Cadena	Cadena de transmisión	2,00	Unidad	\$11,50	\$23,00	
	Chumaceras	Chumaceras de diámetro de 28 mm d	4,00	Unidad	\$18,20	\$72,80	
	Pernos	Pernos acero inoxidable ng 1/2 x3 " con tuerca	14,00	Unidad	\$0,65	\$9,10	
	Acabados	Pintura anticorrosiva	Pintura anticorrosiva, para fondo	1,00	Galón	\$9,50	\$9,50
		Pintura sintética	Pintura sintética para acaba	1,00	Galón	\$22,00	\$22,00
Elementos Eléctricos	Protecciones	Fusibles prevenir sobrecargas y cortocircuitos.	Breaker termomagnético gb2 2 polos 2a	2,00	Unidad	\$8,00	\$16,00
	Pulsador Paro de emergencia	Detiene rápidamente la máquina en situaciones críticas o emergencias.	Pulsador parado de emergencia con enclavamiento liberación de giro 22mm 1nc	1,00	Unidad	\$6,20	\$6,20
	Pulsador inicio de operación	Inicia la operación de la máquina	Pulsador verde 22mm verde na	1,00	Unidad	\$4,50	\$4,50
	Pulsador fin de operación	Finaliza la operación de la máquina	Pulsador rojo 1na xb7na42 schneider	1,00	Unidad	\$4,50	\$4,50
	Luces de indicación de operación	Luz verde indicadora la operación (on)	Luz piloto verde camsc 22mm ref: 2168	1,00	Unidad	\$3,80	\$3,80
	Luces de indicación de paro	Luz roja indicadora reposo (off)	Luz piloto roja camsc 22mm	1,00	Unidad	\$3,80	\$3,80
	Contactores	Permiten el control del encendido y apagado del motor.	Contactador 3 polos 32a bobina 110vac - ac3	1,00	Unidad	\$18,20	\$18,20
	Protecciones de motor	Permite prevenir el sobrecalentamiento y la protección del motor	Relé térmico o de sobrecarga gtk 22 (0.63-1)a lg	1,00	Unidad	\$25,30	\$25,30
	Motor con motorreductor	Proporciona la potencia para el funcionamiento de la máquina.	Marca: weg Modelo : abierto Motor Trifasico Potencia hp : 2 hp Potencia kw : 0, 745712155	1,00	Unidad	\$320,00	\$320,00

			Tensión : 110/220				
			Tipo carcasa : d56				
			Medida eje : 15.87				
			Rpm : 60 rpm				
			Polos : 4				
			Tolerancia % : 15				
			Temperatura : 130				
Elementos de control electrónico	Microcontrolador	Caja de elementos eléctricos, donde se realizan las conexiones	ESP32	1,00	Unidad	\$12,50	\$12,50
	Sensor infrarrojo	Sensor infrarrojo detector de elementos-contador, medidor de distancia	E18-D50NK	2,00	Unidad	\$7,20	\$14,40
	Sensor temperatura y humedad	Sensor para medición temperatura y humedad	Temperatura y Humedad XH-W1209	1,00	Unidad	\$9,80	\$9,80
Otros	Consumibles			1,00	Global	\$50,00	\$50,00
	TOTAL						\$ 1.558,10 + IVA

Elaborado por Autor

En la tabla 20 se presentan los costos asociados a los materiales necesarios para la construcción de la máquina, junto con la mano de obra que interviene en el proceso. Se han definido tarifas por hora tanto para el ingeniero responsable de la construcción como para los operarios. Estos elementos permiten calcular el costo total de fabricación de la máquina.

Tabla 20

Valores total de implementación del proyecto

Descripción	Cant	Unidad	Valor unitario	Total
Materiales	1	u	\$1.558,10	\$1.558,10
Mano de obra operario	60	h	\$4,10	\$246,00
Mano de obra ingeniero	16	h	\$38,87	\$621,92
Total, costos				\$2.426,02

Elaborado por Autor

El costo total resultante es de \$2426,02, considerablemente inferior al de otras máquinas mencionadas en el capítulo dos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que esta máquina está diseñada específicamente para el volumen de producción ajustado a la finca Santa Clara. En comparación con otras propuestas, esto puede considerarse como una mejora significativa en el proceso productivo a un costo reducido. Además, incluye una alternativa adicional con la implementación de IoT (Internet de las Cosas),

que permite la visualización de datos en tiempo real, característica que otras máquinas no poseen.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Mediante la identificación y análisis del proceso actual de despulpado en la finca Santa Clara, se ha determinado que el método utilizado es manual y tradicional. A través de la elaboración de un cursograma analítico, se concluyó que el tiempo requerido para despulpar un quintal de cacao es de aproximadamente 14.4 horas, distribuidas entre un equipo de 12 personas trabajando durante 3 días. Este análisis resalta la importancia de evaluar y posiblemente modernizar el proceso de despulpado para aumentar eficacia y acortar los tiempos de producción, mejorando así la productividad general de la finca.

- La evaluación de las especificaciones técnicas para el despulpado de la mazorca de cacao permitió diseñar una máquina que optimiza tanto la capacidad como la eficiencia del proceso. Considerando factores cruciales como el tamaño del grano y la capacidad de producción del producto final, el diseño logró aumentar la capacidad de procesamiento de 24 a 360 mazorcas por hora. Se estableció que se necesitan 344.86 kg de mazorcas procesadas para obtener un quintal de semilla de cacao despulpada

- El diseño de la máquina con tecnología IoT ha permitido evaluar la capacidad productiva en tiempo real, proporcionando una visión precisa de las condiciones de trabajo en la finca. Los sensores S1-E18-D50NK y S2-E18-D50NK detectan la cantidad de mazorcas y semillas procesadas, mientras que el sensor XH-W1209 monitorea la temperatura y el porcentaje de operación. Estos datos, procesados por un ESP32 y enviados a la nube para su visualización en Arduino Cloud, han reducido el tiempo de despulpado de un quintal de cacao de 14.4 a 7.33 horas, un 49.23% menos, y el tiempo total de trabajo del personal en 3 días de 288 a 146.6 horas, un 50.90% menos. La integración de estas tecnologías ha optimizado el proceso y permitido una gestión eficiente de la producción en tiempo real.

Recomendaciones:

- Dada la identificación del proceso actual, se recomienda al Sr. Cobos invertir en una máquina de despulpado de cacao para optimizar el rendimiento y la productividad. El método manual actual es laborioso y consume mucho tiempo. Este análisis demuestra que la modernización del proceso puede resultar en ahorros significativos en costos operativos. Es fundamental desarrollar un plan financiero que contemple tanto el corto como el largo plazo, considerando los ahorros en costos y el aumento en la producción en comparación con la inversión inicial en la maquinaria.
- Con la evaluación del proceso de despulpado del cacao, se ha identificado la generación de residuos como la cáscara de la mazorca. Se recomienda investigar y desarrollar métodos para la valorización de estos subproductos, lo cual podría incluir la producción de abono orgánico, la generación de energía, o la elaboración de productos secundarios que agreguen valor económico a la operación. Estos subproductos podrían utilizarse en la finca como alternativas aprovechables, optimizando los recursos y mejorando la sostenibilidad de la producción.
- Basado en los beneficios observados del diseño de la máquina con tecnología IoT, se recomienda extender y desarrollar estas capacidades a otros aspectos de la finca, como la recolección de leche, venta de carne, huevos y almidón de yuca, etc. La estimación en tiempo actual de la capacidad productiva ha demostrado ser invaluable al proporcionar una visión detallada y precisa de las condiciones operativas en toda la finca. Esta capacidad no solo facilita las decisiones informadas, basadas en datos concretos, sino que también mejora significativamente la eficiencia operativa e inversión futura.

BIBLIOGRAFIA

- Acerimallas - Ideas en metal. (n.d.). <https://www.acerimallas.com.ec/metal-expandido>
- Agroshow. (n.d.). <https://agroshow.info/productos/máquinas-y-equipos/post-cosecha/despulpadora-de-cacao/>
- Villacís-Guerrero, J. del P. (2022). Residential water consumption monitoring system using IoT and MQTT communication. En Lecture Notes in Computer Science (Vol. 13381). Springer. <https://www.springer.com/series/0558>
- Alonso, P. G. H. (2021, March 22). Informática 2º Grado. https://alumnossegundogrado2.blogspot.com/2021_03_21_archive.html
- Arduino Cloud | Build, Control, Monitor Your IoT Projects. (n.d.). <https://cloud.arduino.cc/>
- ARDUINO UNO WiFi REV2. (n.d.). Arduino Online Shop. <https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-uno-wifi-rev2?selectedStore=us>
- Betancourt, D. (2022, February 22). Cursograma: Herramienta del ingeniero industrial + EXCEL. Ingenio Empresa. <https://www.ingenioempresa.com/cursograma/>
- Cámara De Comercio Arauca. (2015, September 28). Máquina de Quebra 1. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=ahArvqYbdNA>
- Daniel, G. R., Santiago, F. T., & Daniel, P. C. (2022, June 28). Agricultura de precisión y sistemas basados en IoT: caso de estudio cannabis medicinal. Repositorio Institucional Séneca. <https://repositorio.uniandes.edu.co/items/521b36f8-6fb6-4c15-b50e-85840e118f83>
- Dignal. (n.d.-a). La agricultura y el Internet de las Cosas | Dignal. <https://dignal.com/la-agricultura-y-el-internet-de-las-cosas/>
- Dignal. (n.d.-b). La agricultura y el Internet de las Cosas | Dignal. <https://dignal.com/la-agricultura-y-el-internet-de-las-cosas/>
- Guevara, J. (2024, May 9). Explicación paso a paso: la cosecha y el procesamiento del cacao. Perfect Daily Grind Español. <https://perfectdailygrind.com/es/2018/03/06/explicacion-paso-paso-la-cosecha-y-el-procesamiento-del-cacao/>
- IoT en la agricultura: cómo mejorar la eficiencia en la producción agrícola con la tecnología IoT. (n.d.). Acelera Pyme. <https://www.acelerapyme.gob.es/recursos/monografico/iot-en-la-agricultura-como-mejorar-la-eficiencia-en-la-produccion-agricola-con#:~:text=EI%20IoT%20en%20la%20agricultura,el%20transporte%20y%20la%20distribuci%C3%B3n.>

- Joe, L. I. (2021). Protocolo Lora para análisis de medición con GPS y Arduino en la Industria ganadera del Ecuador: Una revisión sistemática.
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20340>
- Juan Cuenca. (2020, January 9). Despulpadora de cacao. YouTube.
<https://www.youtube.com/watch?v=6bZAW4nEikY>
- Mirella. (2017, October 12). INTERNET DE LAS COSAS.
<https://practica6kimberly.blogspot.com/2017/10/internet-de-las-cosas.html>
- ¿Qué es IoT? - Explicación del Internet de las cosas - AWS. (n.d.). Amazon Web Services, Inc. <https://aws.amazon.com/es/what-is/iot/#:~:text=El%20t%C3%A9rmino%20IoT%2C%20o%20Internet,como%20entre%20los%20propios%20dispositivos.>
- Ramos, X. (2024, May 1). Tres estrategias para que los agricultores aprovechen el alto precio del cacao. Economía | Noticias | El Universo.
<https://www.eluniverso.com/noticias/economia/tres-estrategias-para-que-los-agricultores-aprovechen-el-alto-precio-del-cacao-nota/>
- Sector agrícola apunta a la sistematización y automatización. (2023, January 19). IT Ahora. <https://itahora.com/2023/01/18/sector-agricola-apunta-a-la-sistematizacion-y-automatizacion/>
- SENSOR AJUSTABLE TIPO SWITCH E18-D50NK 3-50CM INFRARROJO DE PROXIMIDAD – Grupo Electrostore. (n.d.).
<https://grupoelectrostore.com/shop/sensores/infrarrojos/sensor-ajustable-tipo-switch-e18-d50nk-3-50cm-infrarrojo-de-proximidad/>
- Sergieieva, K. (2024, May 7). Tecnología Agrícola: Evolución, Retos Y Su Impacto. EOS Data Analytics. <https://eos.com/es/blog/tecnologias-en-la-agricultura/#evolucion>
- Sobrino, C. (2022, October 19). Plataformas IoT: ¿Qué son y cuáles son sus componentes? CAPTIA. <https://www.captia.es/blog/plataformas-iot.html>
- Topon-Visarrea, L., Mendoza, C., & Zapata, M. (2021). Influence of energy cost on industrial competitiveness in a refined tuna protein processing company. In J. I. Kantola, S. Nazir, & V. Salminen (Eds.), *Advances in human factors, business management and leadership*. AHFE 2021. Lecture notes in networks and systems (Vol. 267). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80876-1_11.

Topón-Visarrea, L., Zapata, M., & Vallejo Mancero, B. (2020). Automation of a universal testing machine for measuring mechanical properties in textile fibers. In *Advances in emerging trends and technologies: Volume 2* (pp. 189-199). Springer International Publishing.

Vista de Plataformas Tecnológicas en la Agricultura 4.0: una Mirada al Desarrollo en Colombia. (n.d.).

<https://revistascientificas.cuc.edu.co/CESTA/article/view/3975/4007>

Zapata, M., Topón-Visarrea, L., & Tipán, É. (2021). Fundamentos de automatización y redes industriales. Universidad Tecnológica Indoamérica.

ANEXOS

Anexo 2

Aprobación Abstract departamento de idiomas

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTY OF ENGINEERING, INDUSTRY AND PRODUCTION

Industrial Engineering

AUTHOR: RUANO CAÑAR LENIN OMAR

TUTOR: MSc. TOPON VISARREA BLANCA LILIANA

ABSTRACT

DESIGN OF A COCOA PULPER MACHINE WITH INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGY

The Santa Clara farm has deemed optimizing the cocoa stripping process necessary. Currently, the process is done manually involving 12 subcontracted people for 3 days to obtain the pulped seed. The analysis highlights the importance of improving the process and reducing production times for cocoa husk stripping, which impacts the final product's quality. Our main aim is to create an automated machine incorporating Industry 4.0 technologies to simplify the pulping process, reduce the operating time, and improve the quality of the cocoa seed obtained. To validate this proposal, we propose implementing a cocoa pulper machine that will reduce processing times by 49.20%, and increase production capacity by 50.46%, furthermore will improve the quality of the final product by automating the process. The methodology employed involves assessing the present situation of the farm and adjusting the machine design to its specific conditions. As the main results, we have obtained a detailed design of the pulper machine selection of appropriate technological components and design validation to ensure efficient operation on the farm. Significant improvements in efficiency, quality, and competitiveness can be achieved by implementing Industry 4.0 technology in the cocoa stripping process. This project modernizes agro-industrial processes with advanced technologies. Machine design with IoT allows real-time production capacity assessment of the S1-E18-D50NK and S2-E18-D50NK sensors counting the number of cob and processed seeds while the XH-W1209 sensor monitors the temperature and operating percentage of the machine. These data are managed by an ESP32 microcontroller, The information is transmitted to the cloud to be displayed

KEYWORDS: Cost reduction, increased production, Industry 4.0, machine



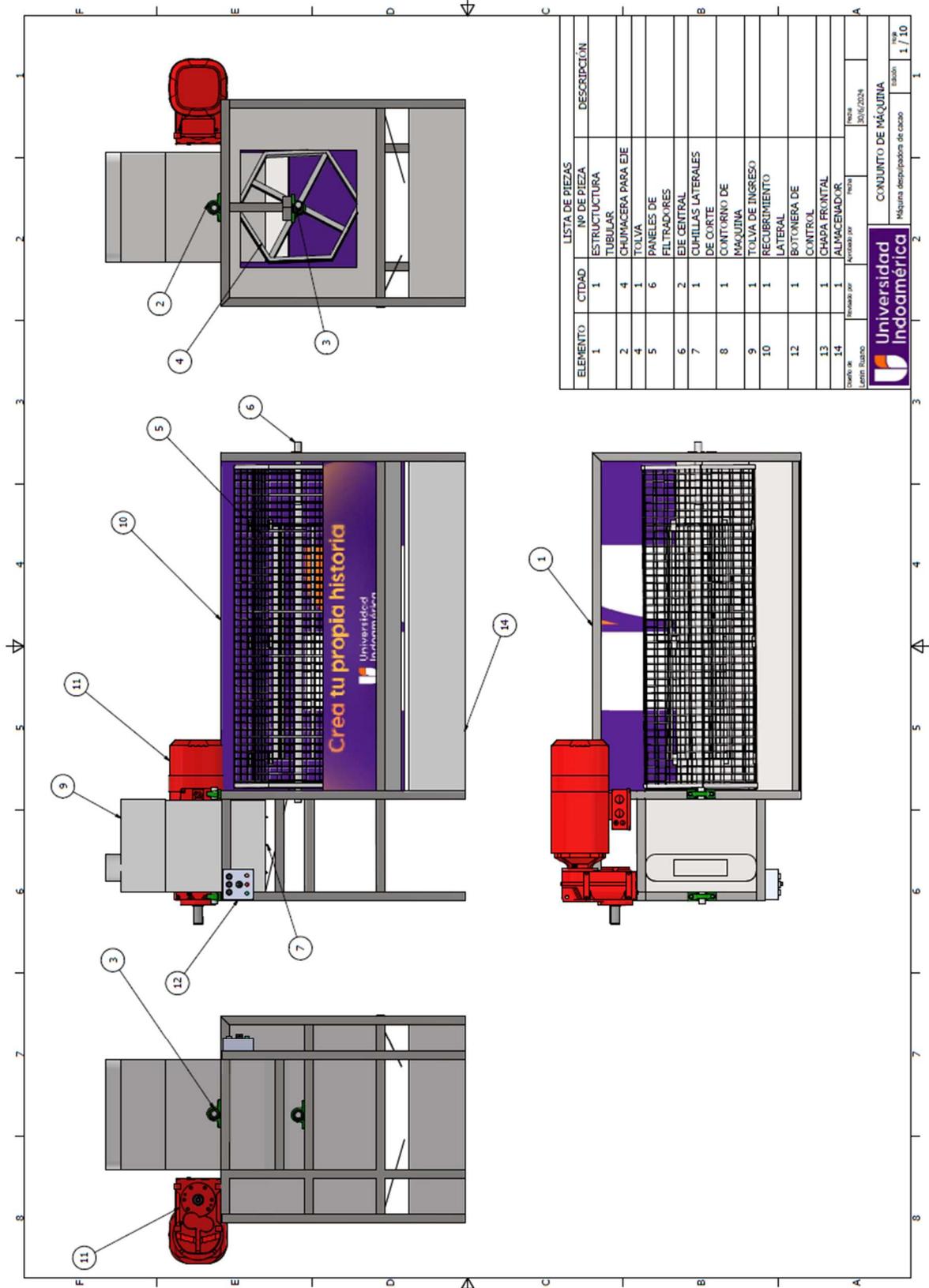
TABLA DE COSTOS MENSUALIZADO DE MANO DE OBRA VIGENTE AL 2024

RUBRO/EMPLEADO	Ingeniero constructor	Operario	TOTAL
Salario Mínimo Vital (2024)	\$ 460,00	\$ 460,00	\$ 920,00
Sueldo nominal	\$ 1.500,00	\$ 460,00	\$ 1.960,00
IESS Patronal (11,35%)	\$ 170,25	\$ 52,21	\$ 222,46
Décimo tercer sueldo (13)	\$ 125,00	\$ 38,33	\$ 163,33
Décimo cuarto sueldo (14)	\$ 38,33	\$ 38,33	\$ 76,67
Fondos de reserva	\$ 125,00	\$ 38,33	\$ 163,33
Vacaciones	\$ 62,50	\$ 19,17	\$ 81,67
Desahucio		\$ 9,58	\$ 9,58
Transporte (opcional)			
Otros (vestimenta, alimentación,)			0,00
Total Mensual	\$ 2.021,08	\$ 655,96	\$ 2.677,04
Incremento	34,74%	42,60%	39%
Personal	1	1	2
Total	\$ 2.021,08	\$ 655,96	\$ 2.677,04

Horas mes	52	160	160
Costo Minuto	0,65	0,07	0,28
Costo Hora	38,87	4,10	16,73
Costo hora extra 50%	12,63	4,10	16,73
Costo hora extra 100%	16,84	5,47	22,31

Anexo 4

Lámina Conjunto de máquina despulpadora de cacao



ELEMENTO	CANTIDAD	LISTA DE PIEZAS Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	ESTRUCTURA TUBULAR	
2	4	CHUMACERA PARA EJE	
4	1	TOLVA	
5	6	PANELES DE FILTRADORES	
6	2	EJE CENTRAL	
7	1	CUJILLAS LATERALES	
8	1	CONTORNO DE MAQUINA	
9	1	TOLVA DE INGRESO	
10	1	RECUBRIMIENTO LATERAL	
12	1	BOTONERA DE CONTROL	
13	1	CHAPA FRONTAL	
14	1	ALMACENADOR	

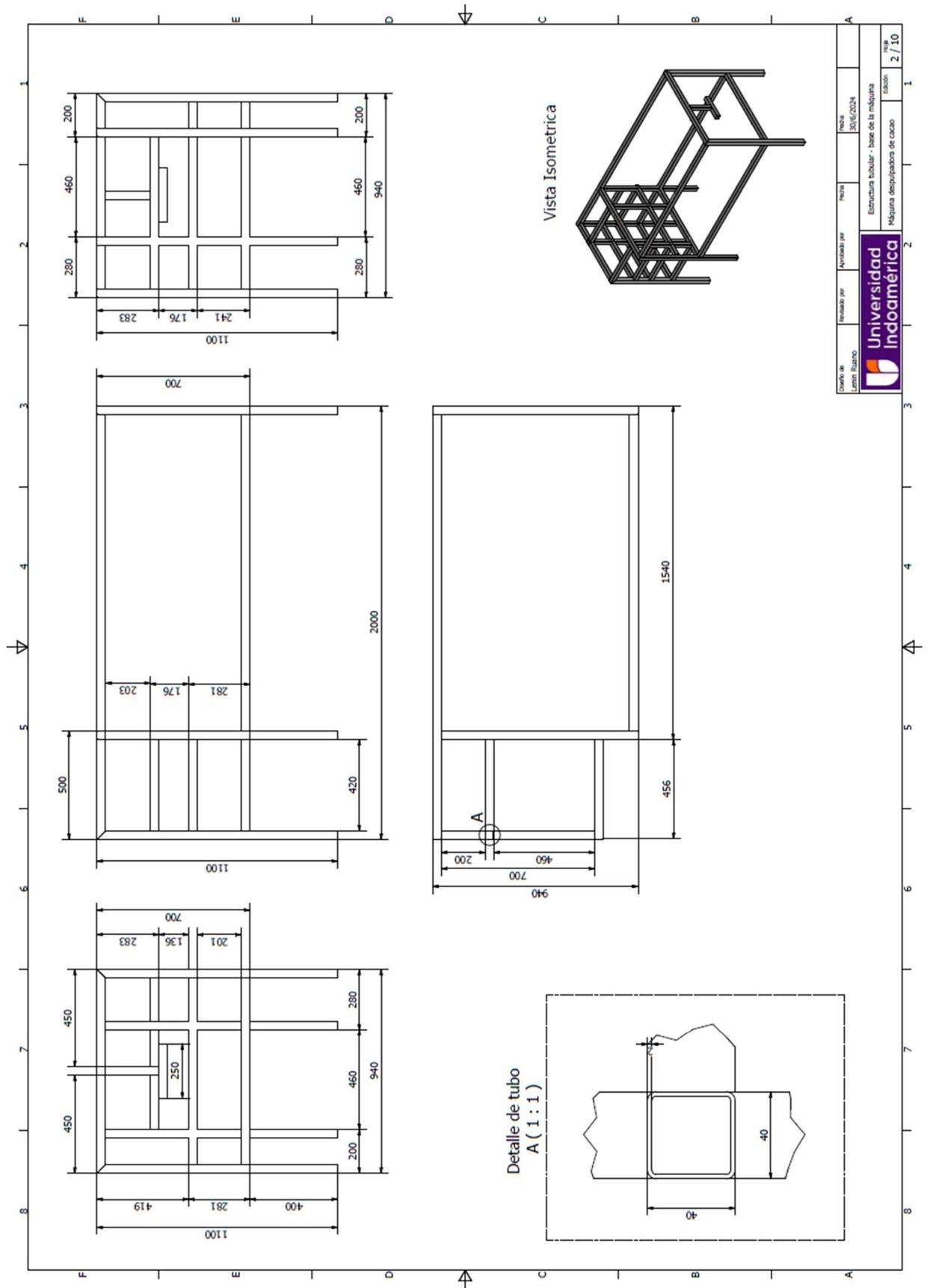
Dibujo de:
 Elaborado por:
 Fecha: 20/07/2024

Universidad Indoamérica
CONJUNTO DE MÁQUINA
 Máquina despulpadora de cacao

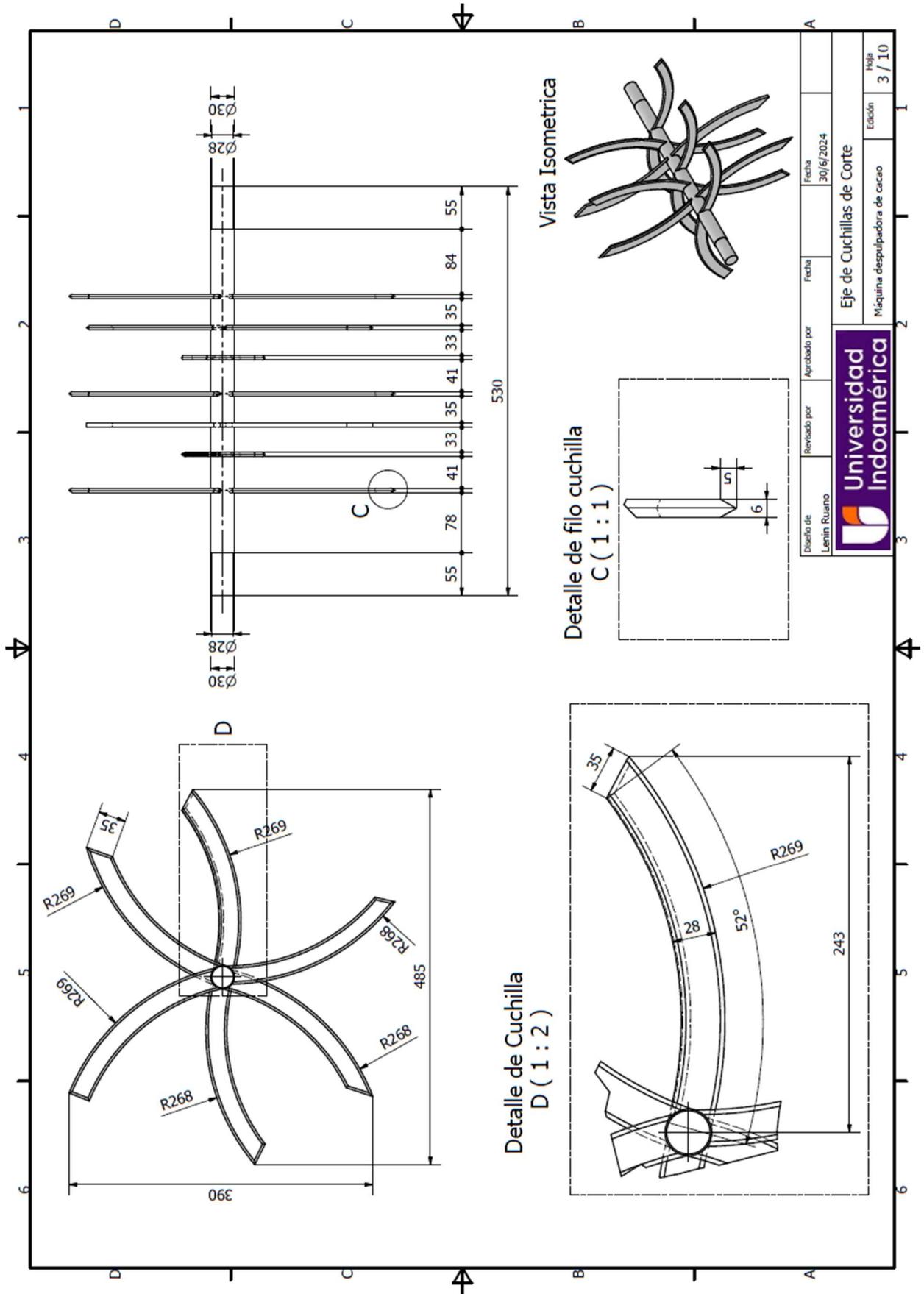
Hoja: 1 / 10
 Lámina: 1 / 10

Anexo 5

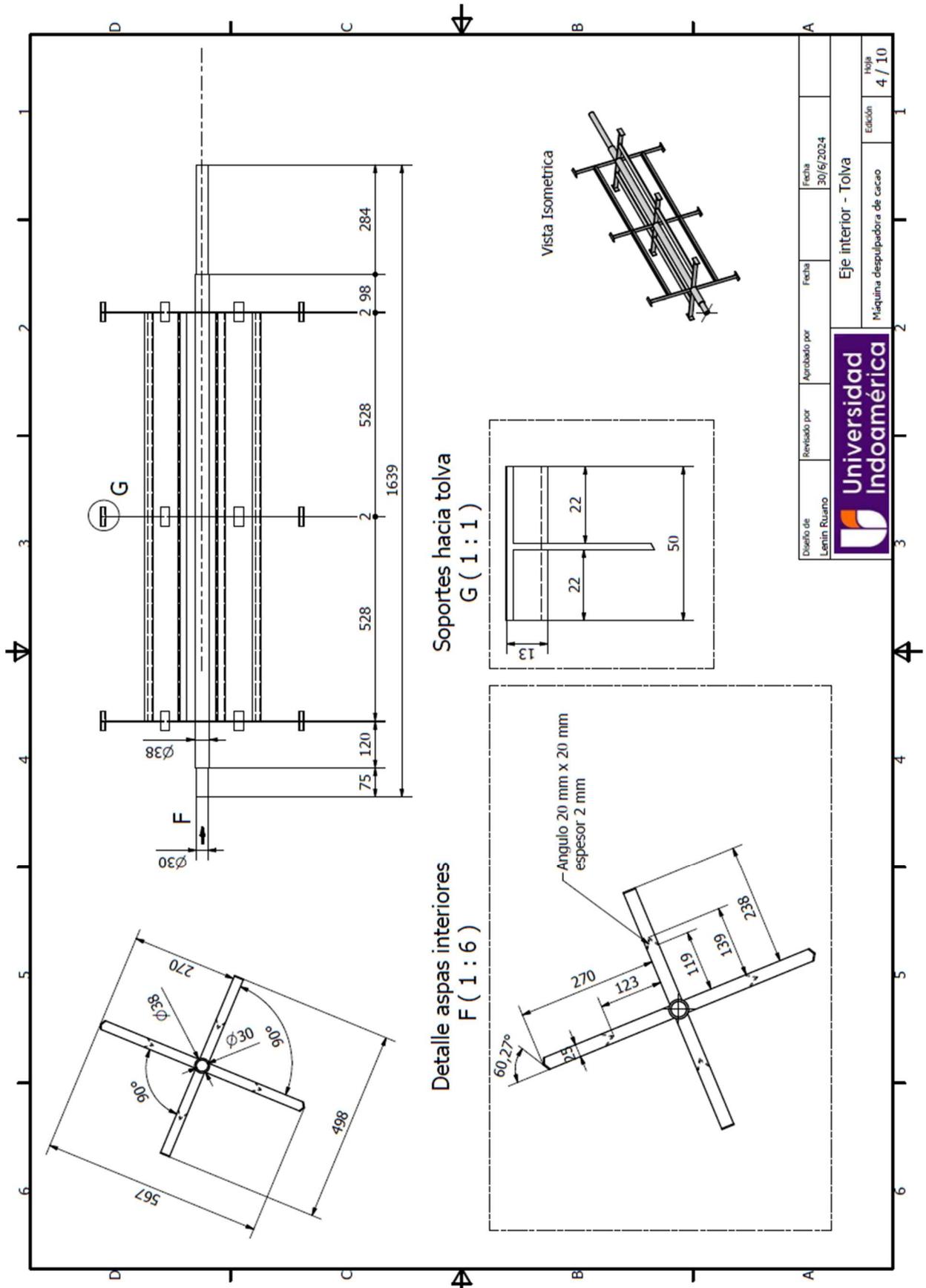
Lámina de Estructura tubular

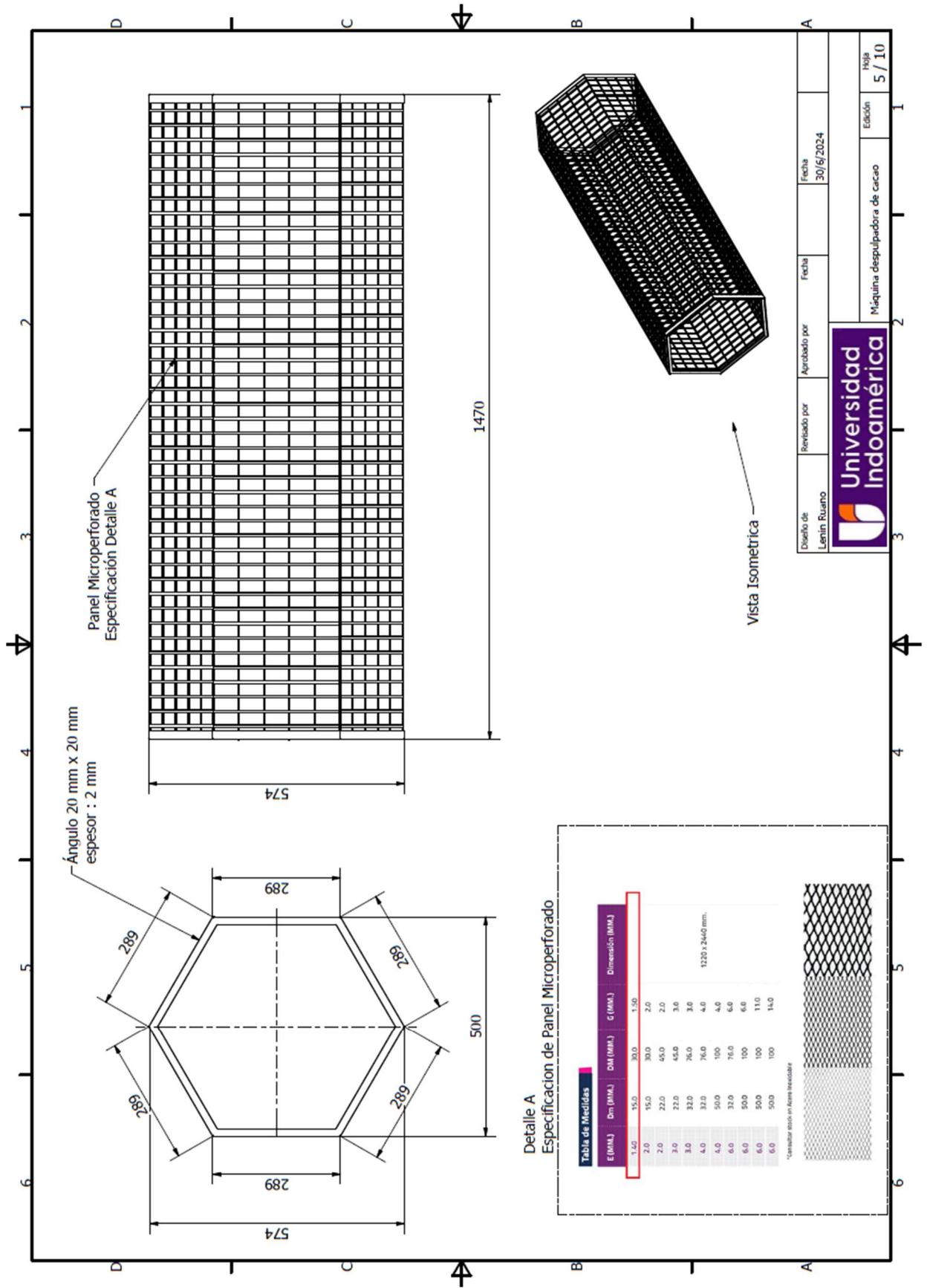


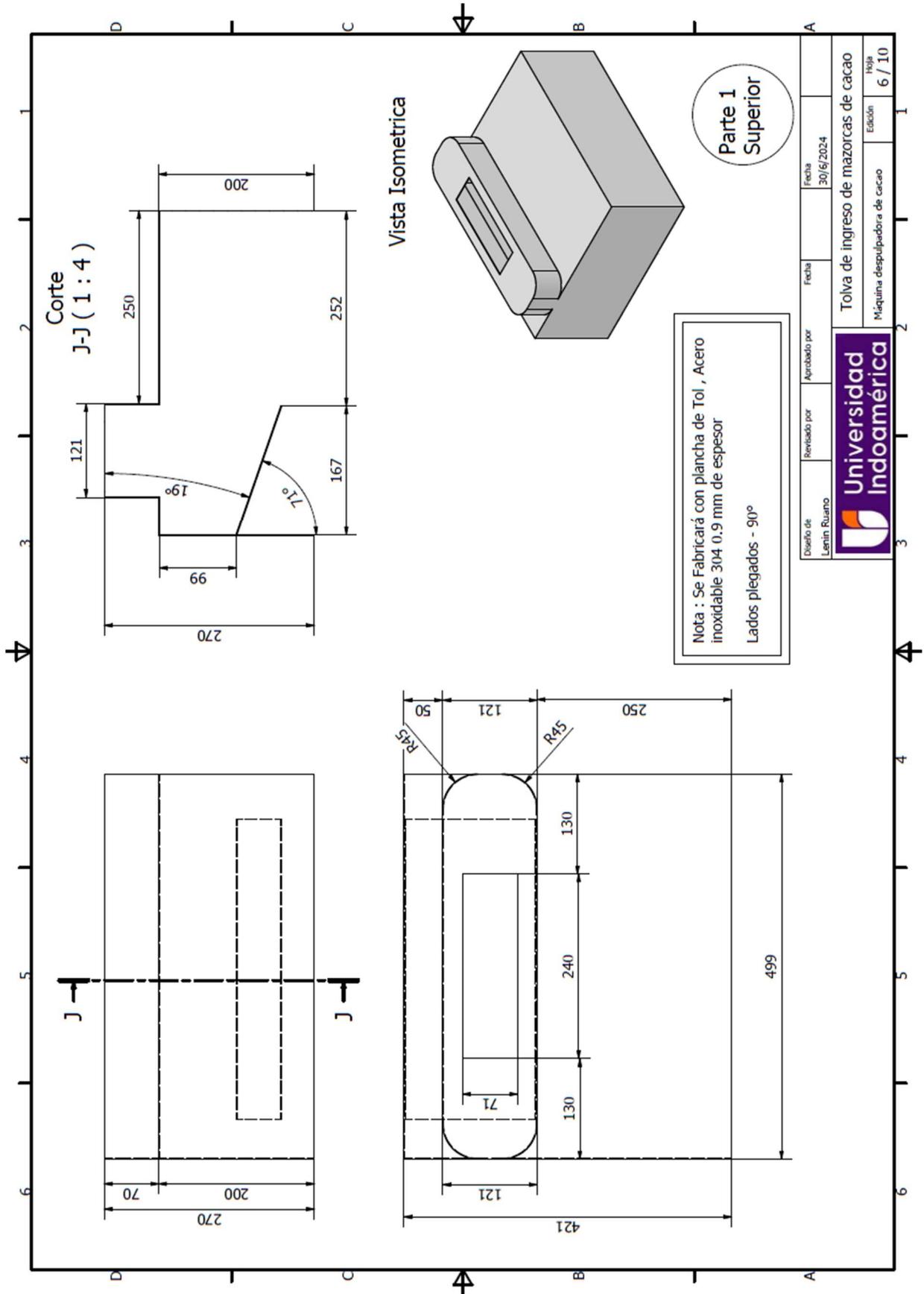
 Universidad Indoamérica	Diseñado por: Letiria Ruzhuo	Aprobado por:	Fecha: 30/01/2024	Tema: Estructura tubular - base de la máquina Máquina despolpadora de cacao	Hoja: 2 / 10
---	---------------------------------	---------------	----------------------	---	-----------------



 <p>Universidad Indoamérica</p>	<p>Revisado por</p>	<p>Aprobado por</p>	<p>Fecha</p>
<p>Lenín Ruano</p>	<p>Fecha</p>	<p>30/6/2024</p>	<p>Fecha</p>
<p>Eje de Cuchillas de Corte</p>			<p>Hoja</p>
<p>Máquina despulpadora de cacao</p>			<p>Edición</p>
			<p>3 / 10</p>







Diseñado por Lentín Ruano	Revisado por	Aprobado por	Fecha 30/6/2024
Universidad Indoamérica			Fecha 30/6/2024
Tolva de ingreso de mazorcas de cacao			Edición 6 / 10
Máquina despulperadora de cacao			Hoja 6 / 10

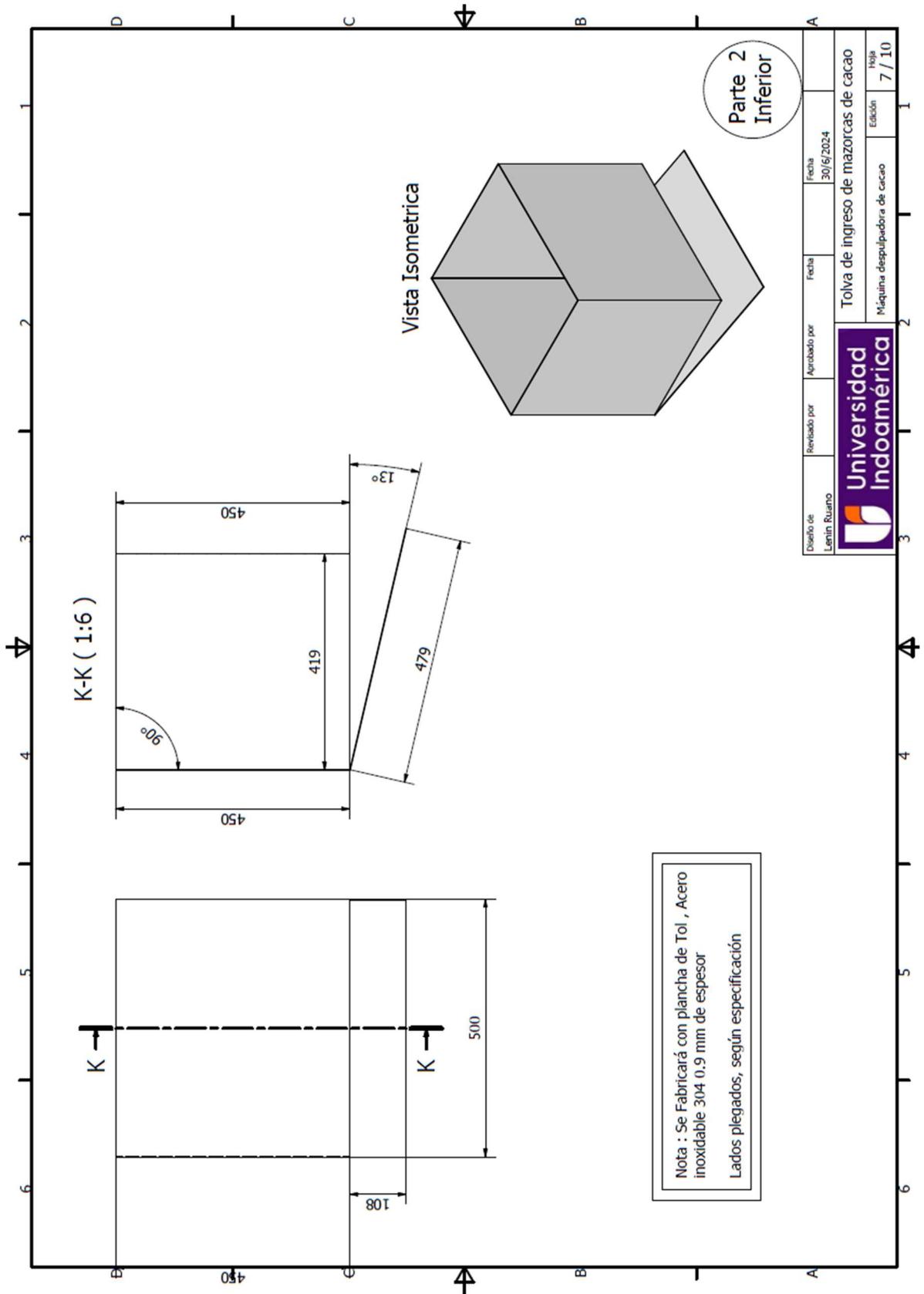
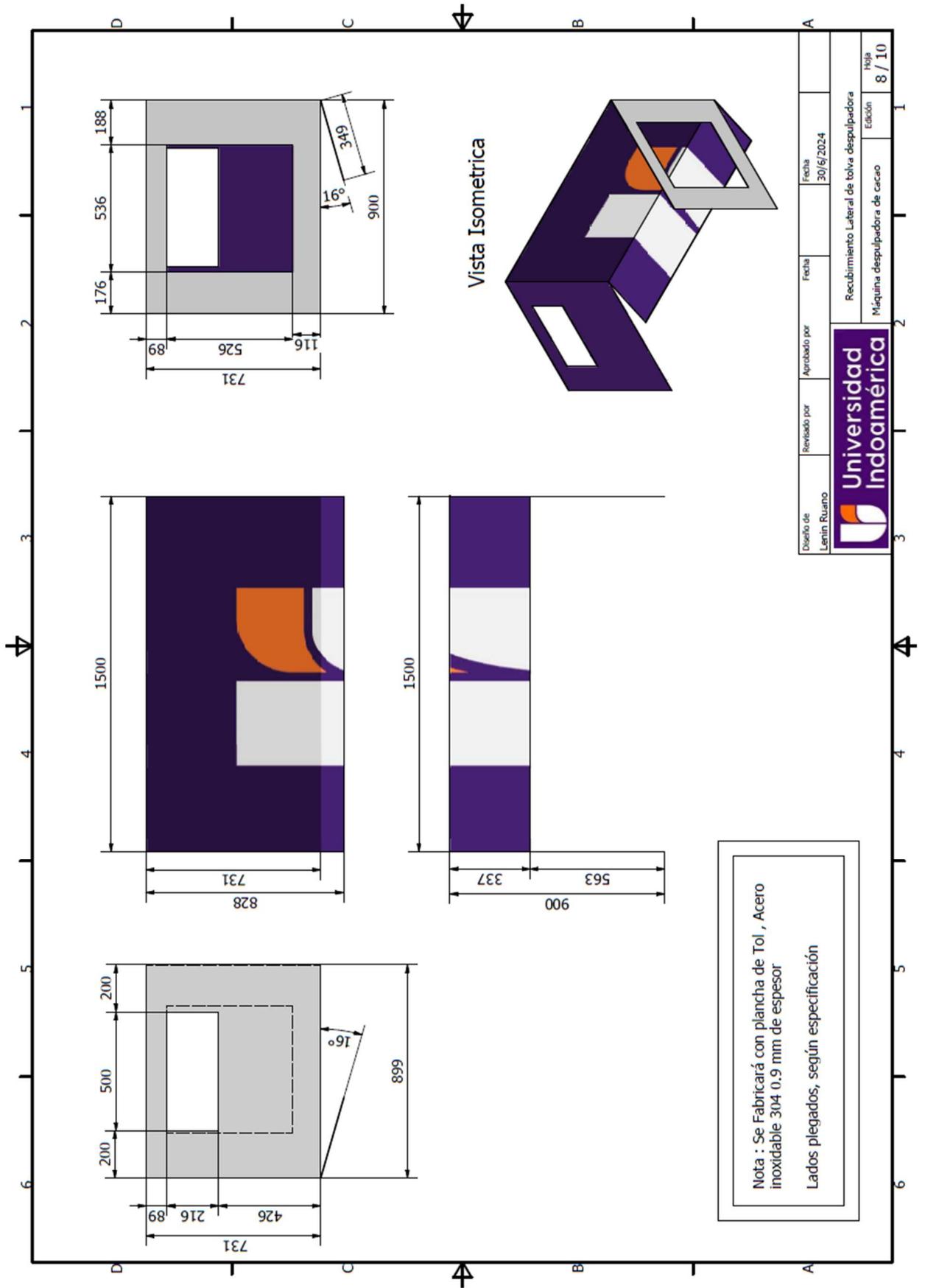
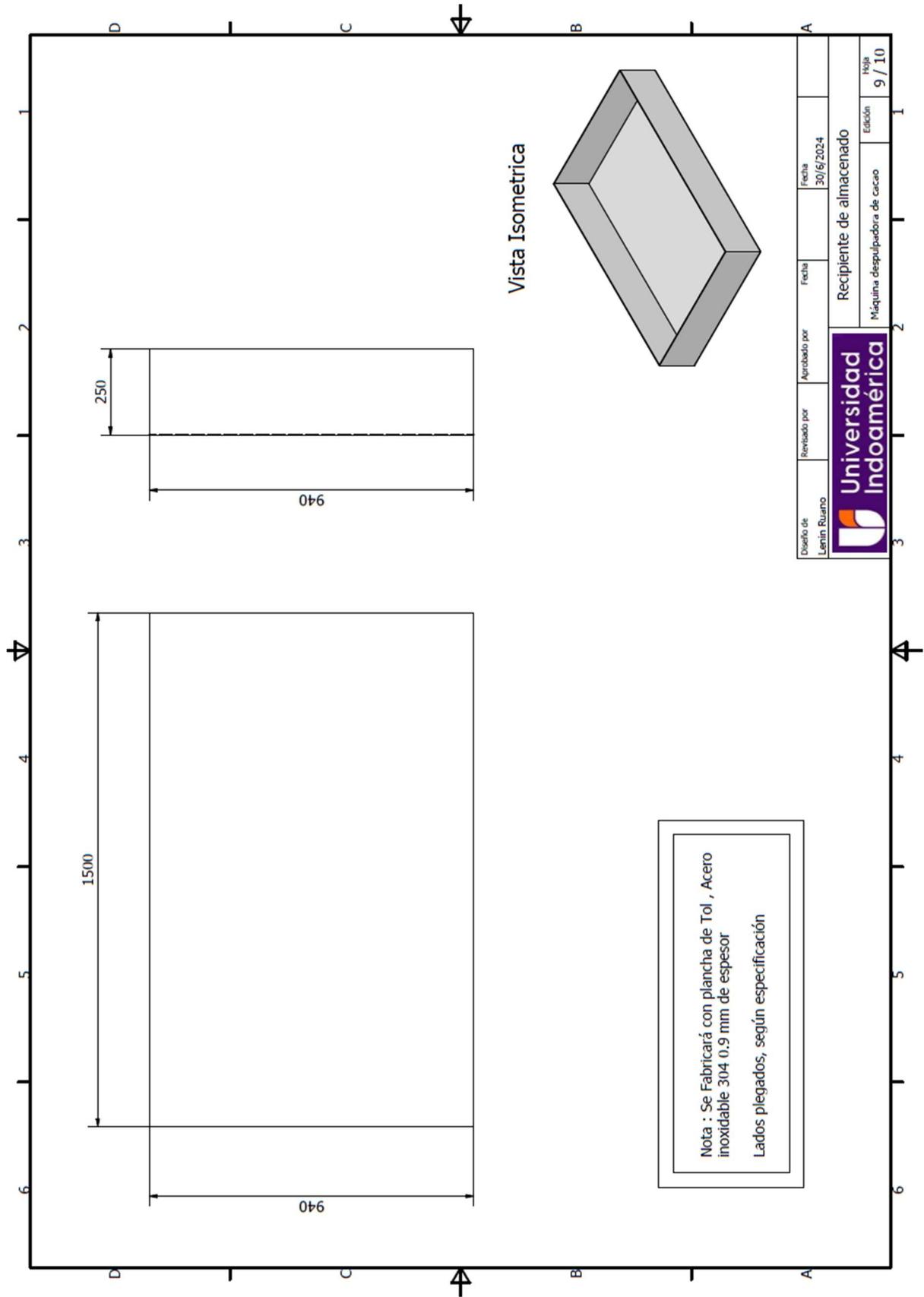


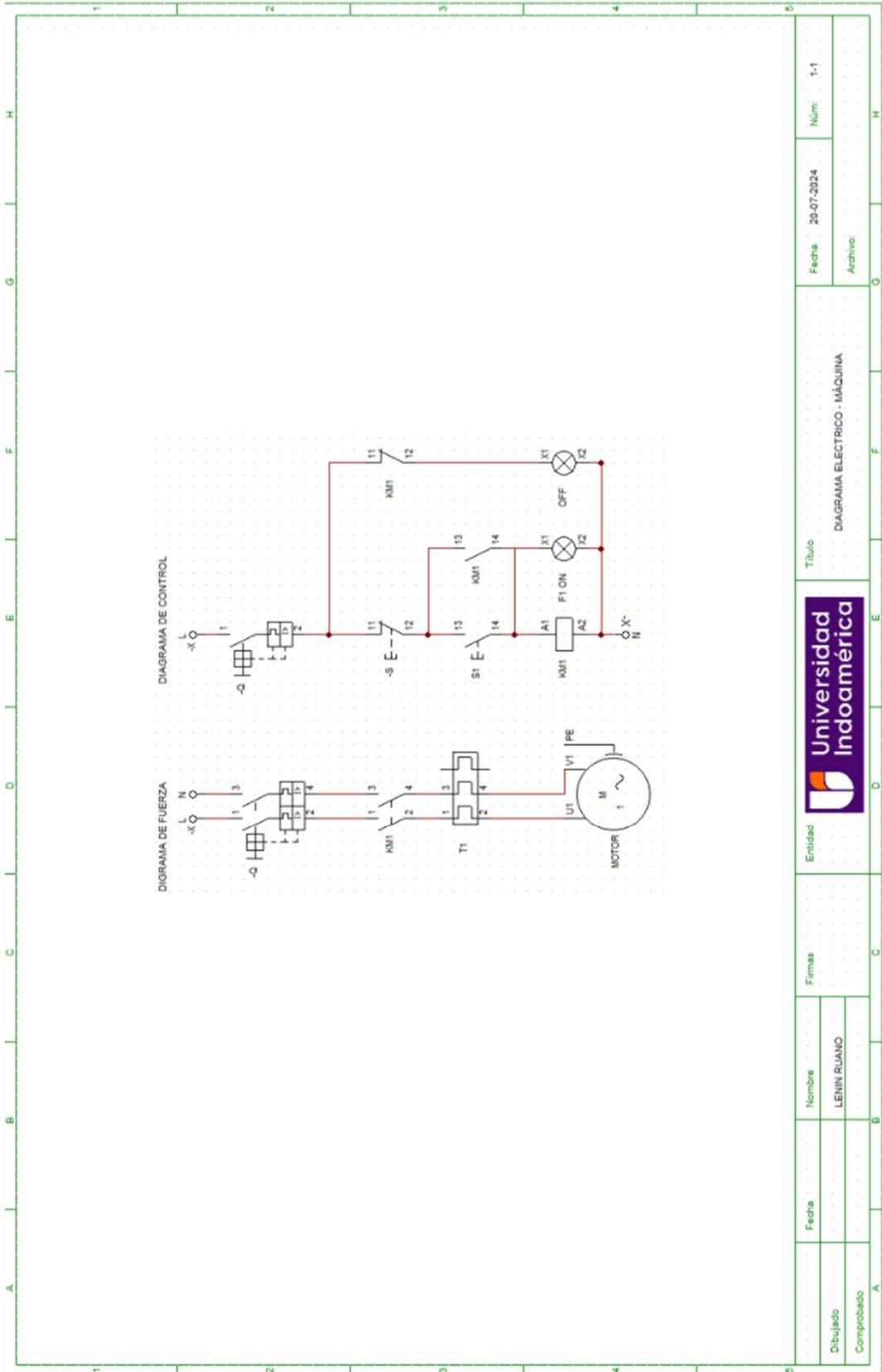
Lámina Recubrimiento lateral de la Máquina despulpadora de cacao





Anexo 13

Lámina Diagrama eléctrico de la máquina



Dibujado		Nombre		Fecha		Título		Fecha		Núm.	
Comprobado		LENIN RUANO				DIAGRAMA ELECTRICO - MÁQUINA		20-07-2024		1-1	
											
				Entidad							
				Firmas							