



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE MECATRÓNICA

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE DISPERSIÓN HOMOGÉNEO
DE BALANCEADO PARA CAMARÓN**

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

AUTORES: Mauricio Fernando Cevallos Sumba
Freddy Moisés Plúas Huacón
TUTOR: Tomás Santiago Gavilánez Gamboa

Guayaquil - Ecuador
2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Mauricio Fernando Cevallos Sumba** con documento de identificación N° **0922956628** y **Freddy Moises Pluas Huacon** con documento de identificación N° **0927992446**; manifestamos que:

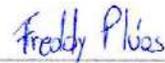
Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo.

Guayaquil, 17 de marzo del año 2022

Atentamente,



Mauricio Fernando Cevallos Sumba
0922956628



Freddy Moises Pluas Huacon
0927992446

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

Nosotros, **Mauricio Fernando Cevallos Sumba** con documento de identificación N° **0922956628** y **Freddy Moisés Plúas Huacón** con documento de identificación N° **0927992446**, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del **Dispositivo Tecnológico: DESARROLLO DE UN SISTEMA DE DISPERSIÓN HOMOGÉNEO DE BALANCEADO PARA CAMARÓN**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

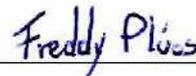
En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo a final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Guayaquil, 25 de marzo del año 2024

Atentamente,



Mauricio Fernando Cevallos Sumba
0922956628



Freddy Moisés Plúas Huacón
0927992446

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Tomás Santiago Gavilánez Gamboa**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE DISPERSIÓN HOMOGÉNEO DE BALANCEADO PARA CAMARÓN**, realizado por **Mauricio Fernando Cevallos Sumba** con documento de identificación N° **0922956628** y por **Freddy Moisés Plúas Huacón** con documento de identificación N° **0927992446**, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Dispositivo Tecnológico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 25 de marzo del año 2024

Atentamente,



Ing. Tomás Santiago Gavilánez Gamboa, Mg.
1802792646

DEDICATORIA

Con profundo amor y gratitud, dedico esta tesis a las mujeres excepcionales que han dejado una marca indeleble en mi vida, moldeando mi camino con sabiduría, amor y perseverancia. A mi amada madre, Rosa Elvira Sumba Rea, quien ha sido mi roca y mi guía inquebrantable a lo largo de los años. Su apoyo incondicional, su enseñanza de valores fundamentales como la disciplina, la responsabilidad y la ética, han sido los cimientos sobre los cuales construyo mi vida y mis logros.

A mi querida abuela materna, María Jesús, quien en vida me mostró el poder de la perseverancia y la importancia de nunca rendirse ante las adversidades. Su ejemplo de fortaleza y bondad han sido una inspiración constante, recordándome que la determinación y la fe pueden superar cualquier obstáculo.

Y a mi amada Kimberlyn Parrales, quien ha sido mi fuente inagotable de motivación y amor. Su apoyo incondicional y su fe en mi capacidad para ser una mejor persona me han impulsado a alcanzar nuevas alturas y a creer en mis propias fortalezas.

Este trabajo no solo es un testimonio de mis esfuerzos académicos, sino también un tributo a estas mujeres extraordinarias que han dado forma a mi ser y han enriquecido mi existencia con su amor, sabiduría y ejemplo. Que estas palabras sirvan como un modesto reconocimiento de mi profunda gratitud hacia ellas, y como un recordatorio de que su legado vive en cada logro que alcanzo y en cada paso que doy en mi camino hacia el conocimiento y la realización personal.

Mauricio Fernando Cevallos Sumba

Este trabajo de titulación está dedicado a mi madre Liliana Karina Huacón Plaza, quien es el motor de mi vida y gracias a su esfuerzo y gran sacrificio lograré terminar mis estudios universitarios. A mi abuelo Juan José Huacón Ruiz y hermano David Efraín Guamán Huacón quienes me enseñaron a trabajar arduamente para conseguir y lograr todos mis objetivos, quienes en vida me enseñaron lo importante que es la perseverancia y lo duro que puede ser la vida, pero a pesar de la dificultad mientras luches hasta el final, lo conseguiras. A mi padre Hamilton Pluas y mis hermanas Samantha y Valeska Pluas quienes a demás de mi madre son las personas que más amo en mi vida y quienes al igual que mi madre han estado en todo momento en cada paso que he dado como también en cada caída.

Quiero dedicar este trabajo de investigación a mi familia, quienes me han transmitido la invaluable lección de que la educación es el más preciado regalo que podemos recibir en la vida.

Freddy Moisés Plúas Huacón

AGRADECIMIENTO

En este momento de culminación y logros, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que han contribuido de manera significativa a la realización de esta investigación y la culminación de mi tesis.

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por su constante guía, fortaleza y protección a lo largo de este arduo pero gratificante proceso.

A mi querida madre, Rosa Sumba, quiero expresarle mi profundo agradecimiento por su amor incondicional, su apoyo inquebrantable y su infinita paciencia. Gracias por ser mi roca, mi consejera y mi fuente de inspiración. Tu sacrificio y dedicación han sido fundamentales para mi éxito, y estoy eternamente agradecido por todo lo que has hecho por mí.

A los estimados docentes de la Universidad Politécnica Salesiana, quiero expresar mi más sincero agradecimiento por su invaluable orientación, mentoría y enseñanzas a lo largo de mi carrera académica. Su conocimiento, experiencia y dedicación han sido una fuente inagotable de inspiración y motivación para mí.

A mi querida novia Kimberlyn y a todos mis amigos, familiares y seres queridos que han estado a mi lado durante este viaje, quiero expresarles mi profundo agradecimiento por su constante apoyo, ánimo y comprensión. Sus palabras de aliento, gestos de amistad y amor incondicional han sido un faro de luz en los momentos difíciles y una fuente de alegría en los momentos de celebración

Mauricio Fernando Cevallos Sumba

Agradezco principalmente a Dios, a mi abuelo y madre por su amor incondicional y por inculcarme el valor de la perseverancia para afrontar los retos y dificultades de la vida y nunca darme por vencido.

Agradezco a los docentes de la carrera de ingeniería en mecatrónica que han formado parte de mi formación profesional, quienes con su conocimiento y su apoyo brindaron las herramientas para un futuro exitoso como un ingeniero mecatrónico.

Agradezco además de manera especial al Ing. Tomás Gavilánez por su guía ante la realización de este proyecto con sugerencias y por la confianza brindada para culminar el mismo.

Freddy Moisés Plúas Huacón

RESUMEN

La presente investigación se centra en el diseño y desarrollo del mecanismo dosificador para un alimentador automático de comida para camarones, enfocado específicamente en la dispersión del alimento. Se llevó a cabo un proceso integral que abarcó desde el diseño mecánico en 3D hasta la fabricación de las piezas mediante máquinas CNC y tecnología de impresión 3D.

Para validar el funcionamiento del mecanismo, se empleó una tarjeta electrónica PCB, la cual fue complementada con un sistema de comunicación inalámbrica utilizando módulos XBee Slave y Master. A través de esta interfaz, se realizaron pruebas de activación de los motores del dosificador, controladas mediante una serie de comandos enviados desde una computadora.

Este estudio representa un paso significativo hacia la optimización de los sistemas de alimentación automática para la acuicultura, al proporcionar una solución eficiente y precisa para la dispensación controlada de alimento a los camarones en cautiverio. Los resultados obtenidos muestran la viabilidad y eficacia del diseño propuesto, ofreciendo perspectivas prometedoras para su implementación en aplicaciones comerciales y de investigación en el campo de la acuicultura

ABSTRACT

This research focuses on the design and development of the dosing mechanism for an automatic feeder for shrimp feed, specifically targeting the dispersion of the feed. An integrated process was carried out, ranging from 3D mechanical design to the manufacturing of parts using CNC machines and 3D printing technology.

To validate the mechanism's operation, a PCB electronic board was employed, complemented with a wireless communication system using XBee Slave and Master modules. Through this interface, tests were conducted to activate the dosing mechanism's motors, controlled by a series of commands sent from a computer.

This study represents a significant step towards optimizing automatic feeding systems for aquaculture, providing an efficient and precise solution for controlled dispensing of feed to captive shrimp. The results obtained demonstrate the feasibility and effectiveness of the proposed design, offering promising prospects for its implementation in commercial and research applications in the field of aquaculture.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	11
II.	PROBLEMA	13
III.	Justificación	14
IV.	OBJETIVOS	15
IV-A.	Objetivo general	15
IV-B.	Objetivos específicos	15
V.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	16
V-A.	Introducción Industria Camaronera	16
V-A1.	Proyecciones de la Industria Camaronera	16
V-A2.	Ciclo de Vida y Etapas de Desarrollo del Camarón	16
V-A3.	Tipos de Camarones	17
V-A4.	Procesos de Cultivo de Camarones	18
V-A5.	Curvas de Alimentación y Nutrición	18
V-B.	Alimentadores Automáticos	19
V-B1.	Funcionamiento	19
V-B2.	Clasificación	21
V-C.	Dosificadores de alimentación automática	21
V-C1.	Características Generales del Dosificador	23
VI.	Metodología	24
VI-A.	Conceptualización	24
VI-B.	Sistema Mecánico	24
VI-B1.	Diseño	24
VI-B2.	Simulación	25
VI-B3.	Fabricación	26
VI-B4.	Motores	28
VI-C.	Sistema Electrónico	29
VI-C1.	Tarjeta Electrónica	29
VII.	RESULTADOS	32
VIII.	CRONOGRAMA	36
IX.	PRESUPUESTO	37
X.	CONCLUSIONES	38
XI.	RECOMENDACIONES	39
	Apéndice A: Planos y Fotos	42

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	AquaCultura [4]	11
2.	Reporte de Exportaciones Ecuatorianas [13]	16
3.	Ciclo de Vida [15]	17
4.	Litopenaeus Vannamei [17]	18
5.	Procesos de Cultivo de Camarones [18]	18
6.	Curva de Alimentación Crias y Post-Larvas [20]	19
7.	Alimentador-JetFeeder [21]	20
8.	Alimentador-BlueSensor [22]	20
9.	Comunicación-BlueSensor [23]	21
10.	Dosificador JetFeeder [28]	22
11.	Dosificador operativo en piscina camaronera [36]	23
12.	Diagrama [37]	24
13.	Ensamblaje [38]	25
14.	Dosificador [39]	25
15.	Simulación de Esfuerzos [40]	26
16.	Simulación de Esfuerzos Tornillo sin fin [40]	26
17.	Estructura Principal [41]	27
18.	Helicoidal [42]	28
19.	Cono-Impresion 3D [43]	28
20.	Motor 60Rpm [44]	29
21.	Motor 7000Rpm [45]	29
22.	Diseño de Tarjeta Electrónica [46]	30
23.	Reverse Charge Protection [47]	30
24.	5V-5A Regulator [48]	31
25.	Caja de Control [49]	31
26.	Alimentación-Biomasa del Camarón [50]	32
27.	Dosificador-Válvula de Paso [51]	34
28.	Prueba de Motores [52]	34
29.	XCTU [53]	35
30.	Dosificador-Caja de Control [54]	35
31.	Cronograma [55]	36
32.	Presupuesto [56]	37
33.	Estructura-Cono [57]	42
34.	Sensor1 [58]	43
35.	Sensor2 [59]	43
36.	Comunication-XBEE [60]	43
37.	Plano-Helicoide [61]	44
38.	Plano-Estructura Principal [62]	45
39.	Plano-TapaTolva [63]	46
40.	Plano-Rodamiento [64]	47
41.	Plano-Tapa1 [65]	48
42.	Plano-Tapa2 [66]	49
43.	Plano-Motor [67]	50

I. INTRODUCCIÓN

La cría de camarón es una actividad económica de gran importancia en muchas regiones del mundo, contribuyendo significativamente a la seguridad alimentaria y al desarrollo económico local. Sin embargo, uno de los principales desafíos que enfrentan los productores de camarón es garantizar una alimentación adecuada y uniforme para los organismos en cultivo. La distribución ineficiente del alimento puede resultar en un crecimiento desigual, un desperdicio de recursos y, en última instancia, una disminución en la productividad y rentabilidad de las operaciones acuícolas [1].

La industria acuícola desempeña un papel fundamental en la producción de alimentos a nivel mundial, contribuyendo significativamente al suministro de proteínas de alta calidad. Dentro de este contexto, la cría de camarón representa una actividad económica importante, sin embargo, la eficiencia en la alimentación de estos organismos constituye un desafío constante para los productores [2].

La alimentación adecuada en la acuicultura es un factor crucial para el éxito del cultivo de camarones, donde la dispersión homogénea y controlada del alimento en el entorno de cultivo desempeña un papel fundamental. La eficiencia en la distribución del alimento tiene un impacto directo en el crecimiento, la salud y la productividad de los camarones cultivados. Tradicionalmente, la alimentación manual ha sido utilizada, pero con el avance de la tecnología, los dosificadores automáticos han emergido como una solución eficaz para optimizar este proceso [3].

Los sistemas de alimentación tradicionales, como los alimentadores automáticos y los sistemas de alimentación manual, presentan limitaciones en términos de precisión y uniformidad en la dispersión del alimento. Estas deficiencias pueden llevar a problemas de salud y bienestar en los camarones, así como a un mayor consumo de alimento y una menor tasa de conversión alimenticia.

Ante este escenario, existe una creciente demanda de soluciones innovadoras que mejoren la eficiencia y precisión en la alimentación de camarones en cautiverio. El desarrollo de un sistema de dispersión homogéneo de balanceado para camarón surge como una respuesta a esta necesidad, con el potencial de revolucionar las prácticas de alimentación en la acuicultura y mejorar significativamente los resultados de producción.



Figura 1. AquaCultura [4]

El presente trabajo se centra en el desarrollo de un sistema innovador de dispersión de balanceado para camarón, con el objetivo principal de mejorar la distribución del alimento dentro del área de alcance, garantizando así una alimentación adecuada y eficiente para los organismos en cultivo.

En este contexto, el presente estudio se centra en el desarrollo y la evaluación de un sistema de dispersión homogéneo de balanceado para camarón, con énfasis en la optimización de la alimentación mediante el uso de

dosificadores automáticos. Se explorará la importancia de la dispersión del alimento en el cultivo de camarones, así como los desafíos asociados y las soluciones tecnológicas disponibles. Además, se analizará en detalle el diseño, funcionamiento y beneficios potenciales de los dosificadores automáticos en comparación con los métodos de alimentación tradicionales. A través de este estudio, se busca contribuir al avance de prácticas sostenibles y eficientes en la acuicultura de camarones, promoviendo un desarrollo óptimo de la industria y la conservación de los recursos naturales.

Para validar la eficacia y funcionalidad del sistema propuesto, se llevarán a cabo pruebas de campo, empleando una interfaz HMI (Interfaz Humano-Máquina) para la verificación y monitoreo del funcionamiento adecuado del sistema en condiciones reales de producción.

Los objetivos específicos de esta investigación incluyen, en primer lugar, el establecimiento de las curvas de alimentación del camarón en sus distintas etapas de desarrollo, con el fin de determinar la cantidad óptima de alimento necesaria para su crecimiento y desarrollo óptimos. A partir de esta información, se procede al diseño de un dispositivo que permita la distribución homogénea del balanceado, cumpliendo con las dosificaciones establecidas y optimizando así la eficiencia del proceso de alimentación.

El desarrollo de este sistema de dispersión de balanceado para camarón no solo representa un avance significativo en la mejora de las prácticas de alimentación en la acuicultura, sino que también contribuye al desarrollo sostenible de la industria, al promover una gestión más eficiente de los recursos y una producción más responsable y respetuosa con el medio ambiente.

II. PROBLEMA

Se ha constatado que, en Ecuador, existe un incremento en cuanto a la demanda de exportación del camarón del 29.81 % en el mes de enero del presente año en relación con el anterior, lo que equivale a 48 millones de libras de camarón. Teniendo en cuenta que el porcentaje seguirá creciendo, se deben implementar métodos para obtener mejores porcentajes de producción (Cámara Nacional de Acuacultura, 2023).

La implementación de alimentadores automáticos sin un previo estudio, en el cuál se determine una curva de alimentación para el camarón según su estapa, puede llegar a ser perjudicial para el ecosistema acuático debido al exceso de residuo presente en las piscinas [5].

Los dosificadores de balanceados pueden tener inconvenientes al momento de dispersar el alimento, debido a las variaciones en el tamaño del pellet. En situaciones donde las partículas sean excesivamente grandes o pequeñas, el dosificador podría no distribuir la cantidad adecuada de alimento, lo que podría tener consecuencias negativas en la alimentación y el desarrollo de los camarones [6].

El uso prolongado de dosificadores de alimento puede ocasionar desgaste o daño en el mecanismo, lo cual afectaría negativamente su precisión y rendimiento. Este desgaste suele manifestarse en las partes móviles y los componentes de corte, especialmente al lidiar con alimentos que contienen partículas sólidas. Es importante señalar que los dosificadores diseñados para camarones pueden enfrentar problemas de obstrucción en su mecanismo de dosificación, lo que impide la dispensación adecuada del alimento [7].

III. JUSTIFICACIÓN

La garantía de una adecuada alimentación en los dosificadores destinados a los camarones es de vital importancia para asegurar una dosificación constante y precisa. Es esencial enfocarse en el desarrollo de un sistema de alimentación eficiente que asegure una entrega uniforme de alimento al dosificador. Esta optimización podría incluir el diseño de mecanismos de transporte de alimentos y la mejoría en la velocidad y el flujo del alimento hacia el dosificador [8].

La automatización puede contribuir a la reducción de residuos y pérdidas al optimizar la cantidad de alimento dispensado, controlar la calidad del agua y minimizar los riesgos de enfermedades. Esto no solo mejora la sostenibilidad del proceso de cultivo, sino que también puede tener beneficios económicos al minimizar las pérdidas de producción [9].

Un estudio realizado en 2016 examinó diversas estrategias de alimentación en sistemas de cultivo de camarones y reveló que la implementación de dosificadores especialmente diseñados para lograr una distribución homogénea mejoró significativamente la dispersión del alimento en el estanque. Esto evitó la formación de áreas con exceso o déficit de alimentación, promoviendo un crecimiento más uniforme de los camarones y una mejor eficiencia alimenticia en comparación con los métodos convencionales de alimentación [10].

Además, una evaluación de diversos dosificadores utilizados en la acuicultura de camarones reveló diferencias significativas en términos de durabilidad y rendimiento. Algunas marcas y modelos específicos demostraron mayor resistencia a la corrosión, desgaste y obstrucciones en los conductos de alimentación, lo que sugiere una mayor durabilidad y menor incidencia de problemas físicos en comparación con otros dispositivos [11].

El propósito de este proyecto es implementar un sistema de dispersión uniforme que permita la distribución homogénea de dosis según los horarios programados. Además, se busca aumentar la durabilidad del equipo y reducir la frecuencia de mantenimiento requerida para estos dosificadores.

IV. OBJETIVOS

IV-A. Objetivo general

Desarrollar un sistema de dispersión de balanceado para camarón mejorando la distribución dentro del área de alcance.

IV-B. Objetivos específicos

- Establecer las curvas de alimentación del camarón en sus distintas etapas, determinando la cantidad de alimento necesario.
- Diseñar un dispositivo que permita la distribución homogénea de balanceado cumpliendo la dosificación establecida.
- Validar el sistema a través de pruebas de campo, utilizando una interfaz HMI para la verificación de su funcionamiento adecuado.

V. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

V-A. *Introducción Industria Camaronera*

El camarón, perteneciente al orden Decapoda y a la familia de los penaeidae, es un crustáceo ampliamente conocido y apreciado en todo el mundo tanto por su valor culinario como económico. Con más de 3000 especies conocidas, los camarones ocupan una variedad de hábitats, desde aguas dulces hasta saladas, y son una parte vital de los ecosistemas acuáticos.

La cría de camarones en la industria acuícola, conocida como la acuicultura de camarones, es una práctica común en diversas partes del mundo debido a la alta demanda de camarones en la industria alimentaria.

V-A1. *Proyecciones de la Industria Camaronera:* Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la producción mundial de camarones cultivados ha experimentado un crecimiento significativo en las últimas décadas, con una demanda en constante aumento debido a su valor nutricional y su popularidad en los mercados internacionales.

Se espera que la industria camaronera adopte cada vez más tecnologías avanzadas, como sistemas de monitoreo en tiempo real, automatización de procesos de cultivo y sistemas de alimentación precisos. Esto puede aumentar la eficiencia operativa y reducir los costos de producción.

Las proyecciones indican que la industria camaronera continuará expandiéndose en regiones como Asia, América Latina y el Sudeste Asiático, impulsada por factores como el aumento del consumo de proteínas marinas y la creciente demanda de camarones frescos y congelados en países desarrollados, como se muestra en la Figura 2 [12]. Se necesita que la innovación tecnológica, la mejora de las prácticas de cultivo y la sostenibilidad ambiental jueguen un papel clave en el desarrollo futuro de la industria camaronera.

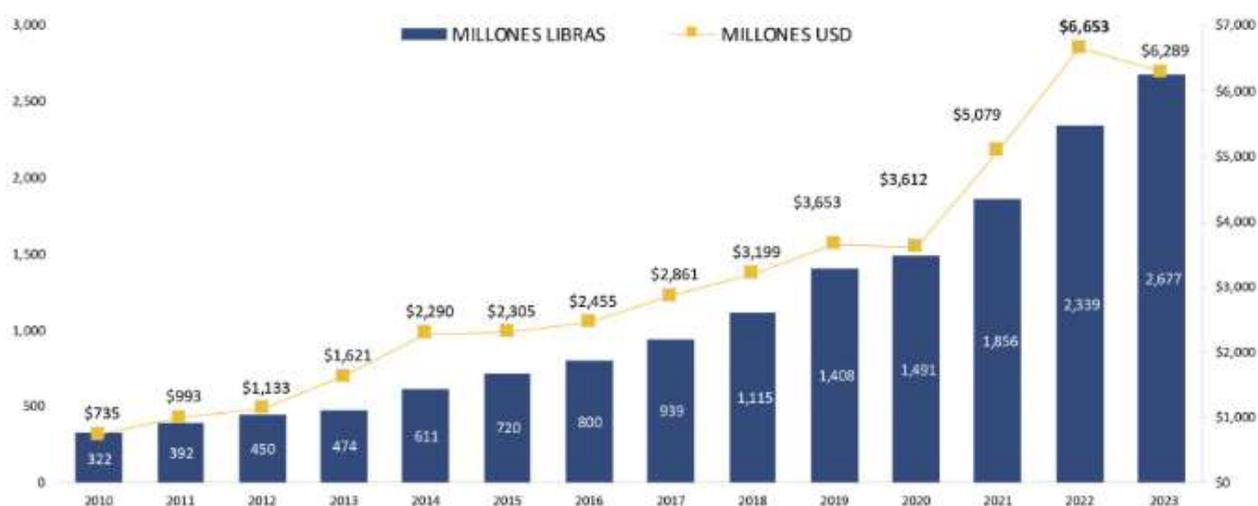


Figura 2. Reporte de Exportaciones Ecuatorianas [13]

V-A2. *Ciclo de Vida y Etapas de Desarrollo del Camarón:* El ciclo de vida del camarón consta de varias etapas, que incluyen huevo, larva, postlarva, juvenil y adulto, como se muestra en la Figura 3. El ciclo comienza con la eclosión de los huevos de camarón. Estos huevos pueden ser producidos en un entorno natural o en condiciones controladas en instalaciones de acuicultura. Durante la fase larval, el camarón se desarrolla a partir del huevo y pasa por varias etapas de desarrollo, cada una con características morfológicas y fisiológicas distintivas. La postlarva es una etapa crítica en el cultivo de camarones, ya que es cuando los organismos comienzan a consumir alimento externo y se vuelven más activos en la búsqueda de alimento y refugio [14]. Los juveniles continúan creciendo y desarrollándose hasta alcanzar la madurez sexual, momento en el que están listos para la reproducción. La etapa

adulta es cuando los camarones han alcanzado la madurez sexual y están listos para reproducirse. En esta etapa, los camarones pueden ser cultivados para la reproducción en instalaciones de acuicultura o pueden vivir en ambientes naturales, donde se reproducen para mantener la población de camarones.

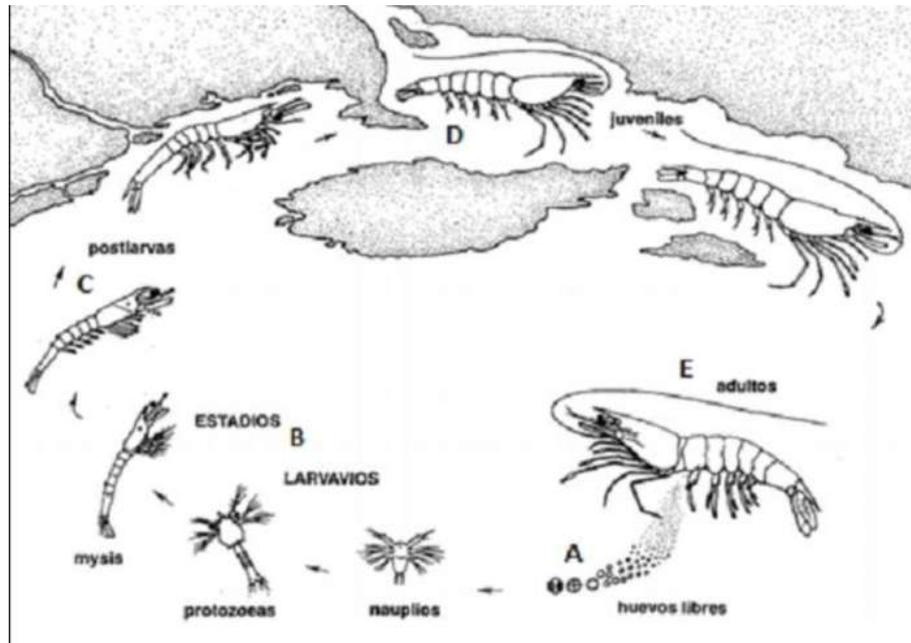


Figura 3. Ciclo de Vida [15]

V-A3. **Tipos de Camarones:** En Ecuador, la industria camaronera es una parte importante de su economía, y hay varias especies de camarones que se cultivan y se capturan en sus aguas. Cada tipo de camarón tiene sus propias características de crecimiento, requerimientos ambientales y preferencias alimenticias, lo que influye en las prácticas de cultivo y manejo [16].

- **Camarón Blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*):** También conocido como camarón blanco del Pacífico, es la especie más cultivada en Ecuador y en muchos otros países. Es conocido por su rápido crecimiento, adaptabilidad a una variedad de condiciones de cultivo y alta rentabilidad. Es apreciado por su carne blanca y dulce como se puede ver en la Figura 4.
- **Camarón Azul (*Litopenaeus stylirostris*):** Esta especie es similar al camarón blanco del Pacífico y pertenece al mismo género. Aunque no es tan común como el camarón blanco, el camarón azul también se cultiva en Ecuador y otras regiones tropicales.
- **Camarón Rosado (*Farfantepenaeus spp.*):** El camarón rosado es otro tipo importante de camarón que se encuentra en las aguas de Ecuador. Tiene una carne rosada distintiva y es apreciado por su sabor y textura. Se captura tanto en la pesca artesanal como en la pesca industrial.
- **Camarón Terciopelo (*Farfantepenaeus spp.*):** También conocido como camarón tigre, el camarón terciopelo es otra especie capturada en las aguas ecuatorianas. Su nombre se deriva de las bandas oscuras en su caparazón, que se asemejan a las rayas de un tigre.
- **Camarón Amarillo (*Penaeus schmitti*):** Esta especie de camarón se encuentra en las aguas costeras de Ecuador y es capturada tanto por pescadores artesanales como industriales. Tiene una carne de color amarillo claro y es apreciado por su sabor suave.



Figura 4. Litopenaeus Vannamei [17]

V-A4. **Procesos de Cultivo de Camarones:** Se puede apreciar en la Figura 5 que implica una serie de procesos para criar camarones en condiciones controladas, ya sea en estanques, sistemas de recirculación de agua o instalaciones marinas. El proceso de cultivo de camarones se muestra a continuación:

- Selección del Sitio: Seleccionar un sitio adecuado para el cultivo, que generalmente implica aguas costeras o estanques en tierra.
- Preparación del Estanque o Sistema: Limpieza y preparación del estanque o sistema de cultivo para eliminar cualquier contaminación y preparar el sustrato adecuado.
- Siembra de Larvas: Introducción de larvas de camarón en los estanques o sistemas de cultivo. Estas larvas pueden provenir de una fuente externa o de una instalación de cría interna.
- Alimentación y Nutrición: Suministro de alimento adecuado a las larvas y juveniles de camarón para garantizar un crecimiento óptimo.
- Monitoreo y Mantenimiento: Monitoreo regular del crecimiento y la salud de los camarones.
- Cosecha: Cosecha de los camarones cultivados una vez que han alcanzado el tamaño y la madurez deseados.



Figura 5. Procesos de Cultivo de Camarones [18]

V-A5. **Curvas de Alimentación y Nutrición:** Las curvas de alimentación y nutrición son herramientas utilizadas en la acuicultura, incluida la acuicultura camaronera, para determinar las cantidades óptimas de alimento y nutrientes que deben proporcionarse a los camarones en diferentes etapas de su ciclo de vida. Estas curvas son importantes para maximizar el crecimiento y la salud de los camarones, así como para optimizar la eficiencia del cultivo. A continuación se muestra las recomendaciones para cada una de las etapas del camarón:

- Etapa de larvas y postlarvas: Durante las primeras etapas de desarrollo, los camarones generalmente se alimentan de microorganismos planctónicos y pequeños organismos vivos. Se aprecia en la Figura 6 que

la alimentación en esta etapa es crítica para el crecimiento y la supervivencia. Las curvas de alimentación en esta etapa pueden ser más frecuentes, con alimentaciones pequeñas pero frecuentes a lo largo del día [19].

- Etapa de juveniles: A medida que los camarones crecen, su dieta puede incluir una combinación de alimento vivo, alimento formulado y/o ingredientes naturales. Las curvas de alimentación en esta etapa pueden ser más regulares, con alimentaciones programadas varias veces al día, dependiendo de la tasa de crecimiento y la capacidad de asimilación del alimento.
- Etapa de crecimiento y engorde: En esta etapa, los camarones pueden alimentarse principalmente de alimento formulado, compuesto por ingredientes balanceados para satisfacer sus necesidades nutricionales. Las curvas de alimentación pueden variar según la densidad de población en el estanque, la calidad del agua y otros factores ambientales. Se pueden aplicar estrategias de alimentación ad libitum o alimentación controlada varias veces al día.
- Etapa de pre-cosecha: Antes de la cosecha, es importante ajustar la alimentación para garantizar un crecimiento óptimo y una buena calidad del producto final. Se pueden reducir gradualmente las raciones de alimento para evitar la acumulación de residuos y minimizar el estrés antes de la cosecha.

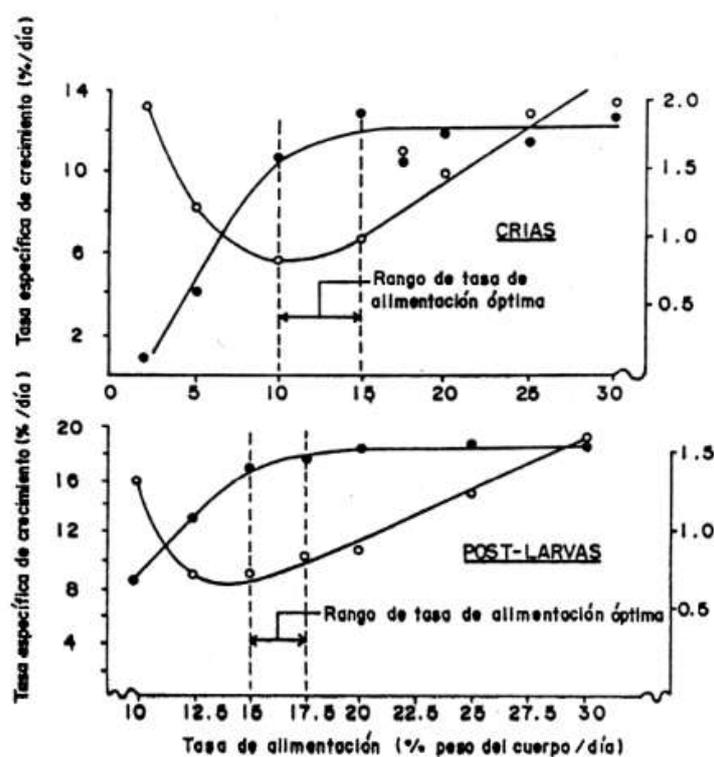


Figura 6. Curva de Alimentación Crias y Post-Larvas [20]

V-B. Alimentadores Automáticos

Son dispositivos diseñados para distribuir automáticamente alimentos en los estanques o sistemas de cultivo de camarones. Estos dispositivos pueden ser utilizados en la acuicultura camaronera para proporcionar alimentación controlada y regular a los camarones, lo que ayuda a maximizar el crecimiento, optimizar la conversión alimenticia y mejorar la eficiencia del cultivo.

V-B1. Funcionamiento: Los alimentadores automáticos como se muestra en la Figura 7 pueden ser programados para dispensar alimentos en intervalos regulares y en cantidades específicas. Esto se puede hacer utilizando controles manuales en el propio alimentador o a través de sistemas automatizados conectados a computadoras o controladores. Están diseñados para distribuir el alimento de manera uniforme en todo el estanque o área de cultivo, garantizando

que todos los camarones tengan acceso al alimento [4].

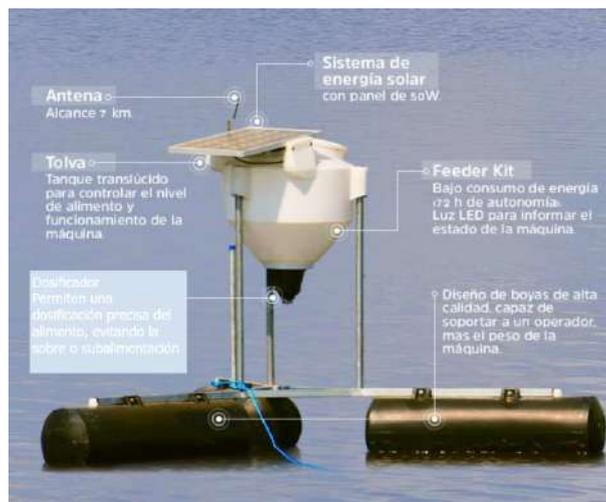


Figura 7. Alimentador-JetFeeder [21]

Los alimentadores automáticos suelen estar contruidos con materiales resistentes a la corrosión y al ambiente acuático. Incluyen un depósito de almacenamiento de alimentos, un mecanismo de dispensación controlado por un temporizador o controlador electrónico, y una estructura de soporte que puede fijarse al borde del estanque o suspenderse sobre él, como se muestra en la Figura 8.



Figura 8. Alimentador-BlueSensor [22]

Un sistema de monitoreo y comunicación en tiempo real para la acuicultura camaronera es una herramienta avanzada que permite a los productores supervisar y controlar varios parámetros del agua y del cultivo de camarones de manera remota y en tiempo real. Se puede apreciar en la Figura 9 que este sistema integra tecnologías de monitoreo, sensores, comunicación de datos y análisis inteligente para proporcionar una gestión eficiente y precisa del cultivo.



Figura 9. Comunicación-BlueSensor [23]

V-B2. **Clasificación:** A continuación se muestra los tipos de alimentadores usados comercialmente en el país:

- Alimentadores de Tornillo o Espiral: Estos alimentadores utilizan un tornillo sin fin o una espiral para transportar el alimento desde un depósito hasta el área de distribución. La velocidad de rotación del tornillo determina la cantidad de alimento dispensado.
- Alimentadores de Banda Transportadora: Utilizan una banda transportadora para mover el alimento desde el depósito hasta el área de distribución. La velocidad de la banda se controla para regular la cantidad de alimento dispensado.
- Alimentadores de Cinta: Similar a los alimentadores de banda transportadora, estos dispositivos utilizan una cinta para transportar el alimento de manera controlada.
- Alimentadores Vibratorios: Emplean vibraciones para mover el alimento a través de un conducto hasta el área de distribución.
- Alimentadores de Dispersión Giratoria: Utilizan un mecanismo giratorio para lanzar el alimento sobre la superficie del agua, logrando una dispersión más amplia.

V-C. **Dosificadores de alimentación automática**

Los dosificadores de alimentación automática para camarones son dispositivos diseñados para distribuir automáticamente alimentos en sistemas de cultivo de camarones, como estanques, tanques o sistemas de recirculación de agua. Estos dispositivos son una herramienta crucial en la acuicultura camaronera moderna, ya que ayudan a automatizar y optimizar el proceso de alimentación, lo que resulta en un crecimiento más saludable de los camarones y una mayor eficiencia operativa, se utilizan en la acuicultura para controlar con precisión la cantidad de alimento necesaria para abastecer a los camarones. Funcionan ajustando los tiempos y las cantidades de alimentación para que el alimento se distribuya de manera uniforme y eficiente en todo el estanque de cultivo (ver Figura 10) [24].

En la acuicultura del camarón se utilizan varios tipos de dispensadores automáticos. Estos incluyen alimentadores de tornillo, alimentadores de cinta transportadora y alimentadores de aire comprimido. Cada tipo tiene sus propias

características y mecanismo de acción.

Los dosificadores de tornillo sinfín utilizan un tornillo giratorio para transportar y dispensar el alimento de manera gradual. Son precisos en la dosificación y se adaptan bien a diferentes tipos de alimentos. Los dosificadores de banda transportadora utilizan una banda móvil para transportar el alimento y liberarlo en cantidades controladas. Son adecuados para alimentos en forma de gránulos o pellets [25]. Los dosificadores de aire comprimido utilizan aire comprimido para transportar y dispensar el alimento a través de tuberías hacia los estanques. Son eficientes en la distribución del alimento a largas distancias y en sistemas de cultivo con varios estanques. Es importante destacar que también es posible diseñar un enfoque innovador para la dosificación progresiva de alimento balanceado [26]. Los dosificadores automáticos poseen varias ventajas sobre los métodos tradicionales de alimentación en la acuicultura de camarones, como se muestra a continuación:

Ventajas:

- Permiten una dosificación precisa del alimento, evitando la sobre o subalimentación.
- Proporcionan una distribución homogénea del alimento en los estanques.
- Ahorran tiempo y mano de obra al automatizar el proceso de alimentación.
- Pueden programarse para alimentar en horarios específicos, optimizando la eficiencia de la alimentación, teniendo en cuenta la dieta correspondiente a la etapa de crecimiento del camarón.

Desventajas:

- Requieren una fuente de energía constante, lo que puede ser un desafío en áreas remotas o durante cortes de energía.
- Pueden obstruirse debido a la humedad o la formación de grumos en el alimento, lo que afecta la dosificación precisa.
- El costo inicial de comprar e instalar un dosificador automático es más alto que ejecutar los métodos tradicionales [27].



Figura 10. Dosificador JetFeeder [28]

El diseño mecánico de los dosificadores en la acuicultura es una disciplina enfocada en desarrollar sistemas eficientes y confiables para la dosificación de balanceado en el entorno acuícola. Su propósito es diseñar mecanismos de alimentación automática que suministren de forma precisa y uniforme la cantidad requerida de alimento a los camarones [29]. Durante el proceso de diseño, se toman en cuenta diversos aspectos, como la selección de materiales apropiados, la elección de motores y mecanismos de accionamiento, la optimización de la capacidad de almacenamiento del balanceado, y la implementación de sensores y sistemas de control para supervisar y regular la dosificación [30]. Asimismo, se busca asegurar la resistencia y durabilidad de los componentes mecánicos ante las condiciones del ambiente acuático, como la humedad y la corrosión. Para lograrlo, se utilizan materiales resistentes como el acero inoxidable y plásticos de alta calidad [31]. El diseño mecánico de los dosificadores en la acuicultura tiene como objetivo primordial mejorar la eficiencia y productividad en las granjas camaroneras, garantizando una alimentación adecuada para los camarones y promoviendo su bienestar y crecimiento saludable [32].

V-C1. **Características Generales del Dosificador:** Para el desarrollo del dosificador, se utilizan diversos materiales, componentes y tecnologías para el correcto funcionamiento:

- **Estructura y carcasa:** Suelen estar fabricadas con materiales resistentes, como acero inoxidable o plásticos de alta gama.
- **Motores:** Se utilizan motores eléctricos de baja potencia para impulsar los mecanismos de dosificación del alimento.
- **Sensores de nivel:** Se emplean sensores de nivel que monitorean la cantidad de alimento en el compartimento de almacenamiento [33].
- **Alimentador automático:** Puede incluir mecanismos como paletas giratorias para garantizar una distribución uniforme y precisa del alimento.
- **Sistema de programación y control:** El dosificador cuenta con un sistema de programación y control que permite establecer los horarios y la frecuencia de alimentación.

Utilizar acero inoxidable como material principal en la fabricación de un dosificador de balanceado presenta diversas ventajas en cuanto a su durabilidad, resistencia y seguridad alimentaria. El acero inoxidable es ampliamente empleado en la industria acuícola debido a su alta resistencia a la corrosión. Al usar acero inoxidable en la construcción del dosificador, se garantiza una estructura sólida y perdurable capaz de resistir el contacto constante con el agua y los productos químicos presentes en el alimento para camarón [34].

Además, el acero inoxidable de la Figura 11 es un material no poroso y fácil de limpiar, lo cual contribuye a mantener elevados estándares de higiene y minimiza el riesgo de contaminación del alimento. De esta forma, se puede ofrecer una solución fiable y de larga vida útil, asegurando un rendimiento óptimo del equipo en el entorno acuícola [35].



Figura 11. Dosificador operativo en piscina camaronera [36]

VI. METODOLOGÍA

VI-A. *Conceptualización*

Para el diseño del dosificador, se establecieron varios requisitos que servirán como base para la selección de componentes y el diseño del sistema. Estos requisitos incluyen el tipo de producto a dosificar, la cantidad necesaria, la precisión requerida y la velocidad de dosificación. Para el desarrollo de este proyecto se siguieron los siguientes procesos:

- Establecer condiciones iniciales
- Diseño y Simulación
- Prototipo
- Pruebas

El sistema propuesto consta de un mecanismo, una interfaz HMI enlazado a través de un sistema de comunicación, como se muestra en la Figura 12. El mecanismo es el encargado de realizar la dosificación usando motores como se detallara mas adelante. Además, el sistema cuenta con una tarjeta electrónica que se encargará del control de los motores y la comunicación por medio de Modulos XBEE permitiendo llevar la señal desde el operador hasta los motores para su funcionamiento. En las secciones siguientes se detallarán los sistemas que componen el dispositivo

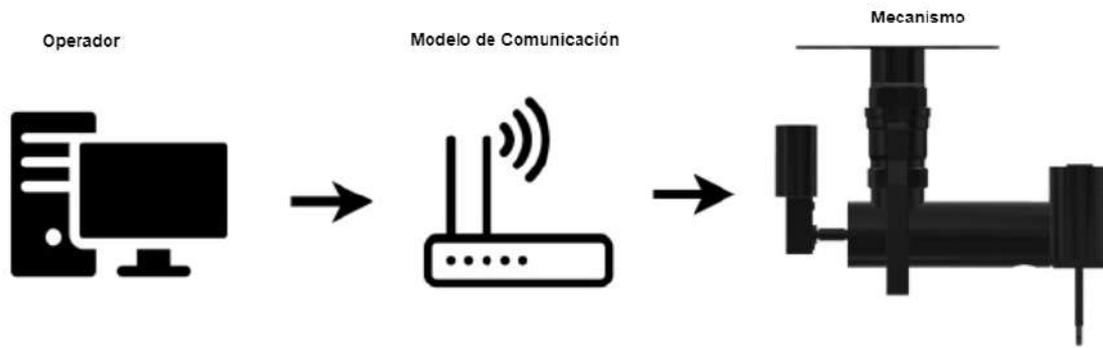


Figura 12. Diagrama [37]

VI-B. *Sistema Mecánico*

VI-B1. Diseño: La parte mecánica que se muestra en la Figura 14 de un dosificador automático de alimentos para camarones desempeña un papel crucial en la distribución precisa y confiable del alimento en el entorno de cultivo. Consiste en una variedad de componentes, como motores, tornillos sin fin o dispositivos de dispersión giratoria, que trabajan en conjunto para transportar y dispensar el alimento desde el depósito de almacenamiento hasta el área de distribución en el estanque o sistema acuícola. Estos mecanismos están diseñados para funcionar de manera eficiente y duradera, garantizando una alimentación uniforme y controlada según los parámetros establecidos por la tarjeta electrónica. Un buen ensamblaje como se muestra en la Figura 13 garantiza que el dosificador distribuya la cantidad precisa de alimento en cada ciclo de alimentación. Esto es esencial para mantener una nutrición adecuada para los camarones y evitar el desperdicio de alimento.

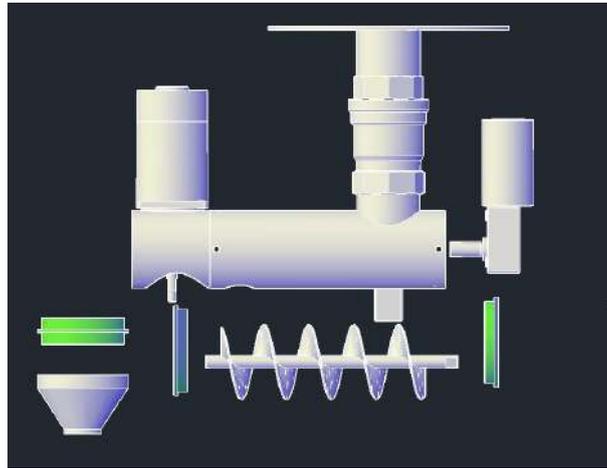


Figura 13. Ensamblaje [38]



Figura 14. Dosificador [39]

VI-B2. Simulación: El objetivo principal de esta simulación fue evaluar la distribución de esfuerzos a lo largo del tornillo sin fin bajo condiciones de carga operativa típicas, como se muestra en la Figura 15.

Para llevar a cabo la simulación que se observa en la Figura 16, se modeló el tornillo sin fin en un entorno tridimensional, considerando sus dimensiones geométricas y propiedades mecánicas relevantes. Se asignaron condiciones de carga realistas, teniendo en cuenta las fuerzas de torsión y compresión esperadas durante el funcionamiento del dosificador.

Una vez configurado el modelo, se aplicaron las cargas correspondientes y se ejecutó la simulación para analizar el comportamiento estructural del tornillo sin fin. Los resultados obtenidos proporcionaron una representación detallada de los esfuerzos internos, incluyendo la distribución de tensiones y deformaciones a lo largo de la geometría del componente.

Las imágenes generadas a partir de la simulación muestran claramente las áreas críticas de concentración de esfuerzos, destacando zonas de alta tensión y posibles puntos de fallo. Estas imágenes son fundamentales para identificar áreas de mejora en el diseño del tornillo sin fin y optimizar su rendimiento y durabilidad.

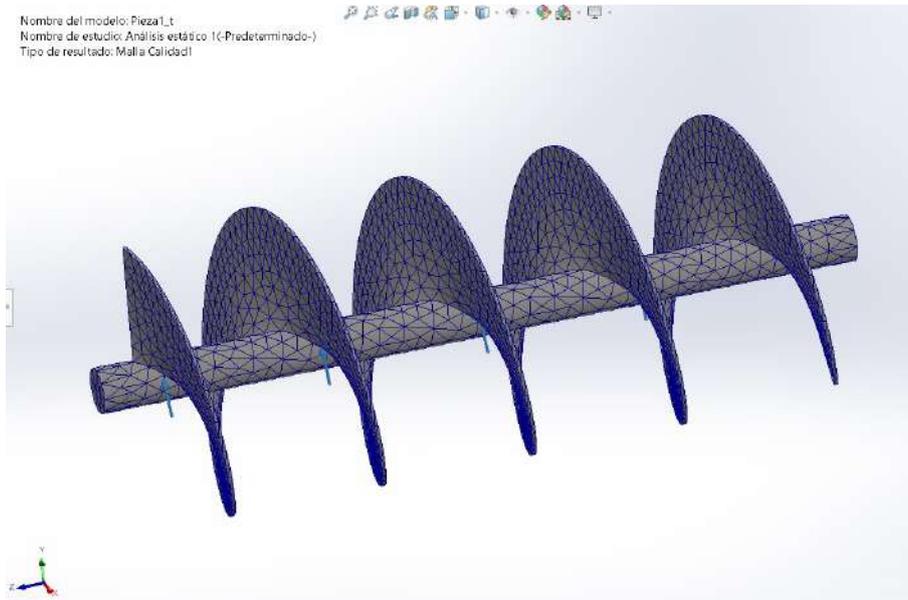


Figura 15. Simulación de Esfuerzos [40]

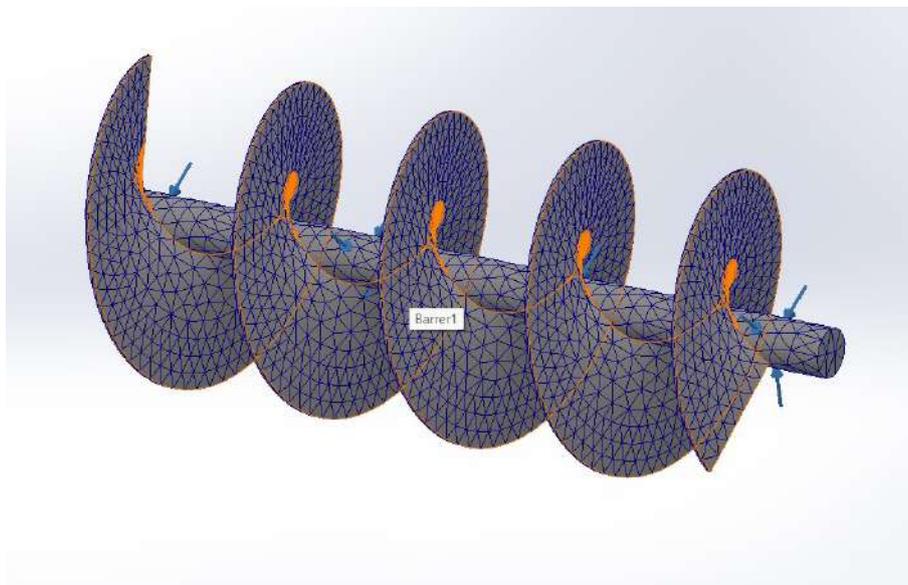


Figura 16. Simulación de Esfuerzos Tornillo sin fin [40]

VI-B3. Fabricación: El dosificador se fabricó utilizando una combinación de materiales y tecnologías avanzadas para garantizar su robustez y rendimiento óptimo en el proceso de dispersión de balanceado para camarón. Como se puede apreciar en la Figura 17 la estructura principal del dosificador se construyó utilizando tuberías de acero cortadas con precisión, lo que proporciona una base sólida y resistente para el alojamiento del Helicoidal que se muestra en la Figura 18.

Para el sistema de accionamiento, se seleccionaron motores de 7000 y 60 rpm, que proporcionan la potencia y velocidad adecuadas para el funcionamiento eficiente del dosificador. Estos motores fueron montados sobre una base motor diseñada específicamente para asegurar una instalación estable y segura.

Se incorporaron rodamientos sellados de alta calidad para garantizar un funcionamiento suave y duradero del tornillo sin fin. Estos rodamientos proporcionan soporte y estabilidad al eje del tornillo, minimizando la fricción y

reduciendo el desgaste durante el uso prolongado del dosificador.

Las bridas CNC fabricadas con poliacetal y metal fueron utilizadas en puntos críticos de conexión y sujeción dentro del dosificador. Estas bridas garantizan una unión firme y segura entre los componentes, proporcionando una estructura sólida y resistente a las fuerzas y vibraciones asociadas con el funcionamiento del equipo.

Además, se empleó tecnología de impresión 3D para fabricar el cono del dosificador como se muestra en la Figura 19. Este cono, diseñado para dirigir y concentrar el balanceado hacia el dispersador, se produjo con precisión utilizando materiales resistentes y duraderos, asegurando una distribución uniforme del alimento en el proceso de alimentación.

En conjunto, la fabricación del dosificador combina materiales de alta calidad, tecnología de vanguardia y un diseño cuidadoso para garantizar un rendimiento óptimo y una larga vida útil en entornos de producción acuícola exigentes.



Figura 17. Estructura Principal [41]



Figura 18. Helicoidal [42]



Figura 19. Cono-Impresion 3D [43]

VI-B4. Motores: Control de la Velocidad de Alimentación: El motor de 7000 RPM como se muestra en la Figura 21 está destinado a la parte de transporte del alimento, lo que permite un movimiento rápido y eficiente del alimento desde el depósito de almacenamiento hasta el área de distribución. Por otro lado, el motor de 60 RPM como se muestra en la Figura 20 se utilizará para la parte de dispensación, lo que garantiza una alimentación más lenta y controlada, adecuada para la dispersión uniforme del alimento en el estanque sin generar excesos ni desechos.



Figura 20. Motor 60Rpm [44]



Figura 21. Motor 7000Rpm [45]

VI-C. Sistema Electrónico

VI-C1. Tarjeta Electrónica: Como se puede ver en la Figura 22 esta tarjeta actúa como el cerebro del sistema, recibiendo señales de entrada de sensores y programación preestablecida para determinar la cantidad y frecuencia óptimas de alimentación. Además, coordina el funcionamiento de los componentes mecánicos del dosificador, como motores y actuadores, para garantizar una distribución uniforme del alimento en el estanque o sistema de cultivo. La capacidad de la tarjeta electrónica para procesar información en tiempo real y ajustar dinámicamente los

parámetros de alimentación contribuye a optimizar el crecimiento y la salud de los camarones, así como a minimizar el desperdicio de alimentos y los costos operativos. Es esencial garantizar su funcionalidad, confiabilidad, eficiencia y cumplimiento normativo.

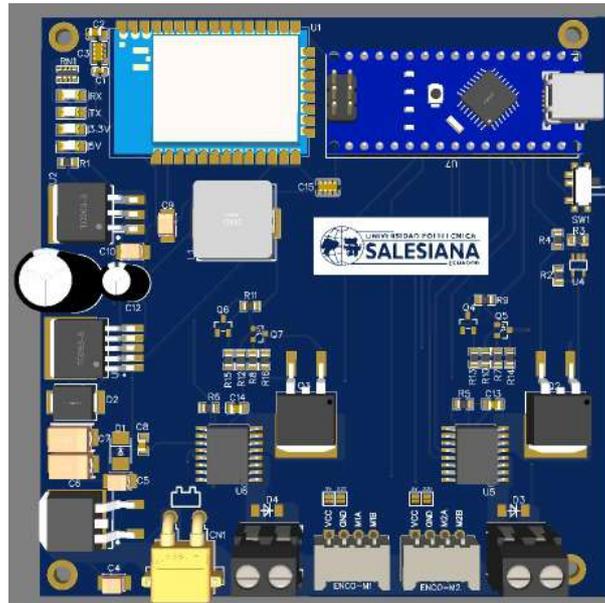


Figura 22. Diseño de Tarjeta Electrónica [46]

Una alimentación eléctrica adecuada como se muestra en las Figuras 23 y 24 garantiza el funcionamiento correcto de la placa electrónica, para que el dosificador opere de manera eficiente y precisa. Esta tarjeta electrónica fue equipada con un módulo XBee esclavo, diseñado para la transmisión inalámbrica de datos. El propósito principal de esta configuración era facilitar la comunicación entre el dosificador y una computadora externa para el monitoreo y control remoto del sistema.

La caja de control que se muestra en la Figura 25, además de albergar la tarjeta electrónica y el módulo XBee, fue conectada a una fuente conmutada de 12V y 10A para suministrar la energía necesaria para el funcionamiento de los motores y otros componentes eléctricos del dosificador. Esta fuente conmutada proporcionó una fuente de alimentación estable y confiable, asegurando un rendimiento consistente del dosificador durante su operación.

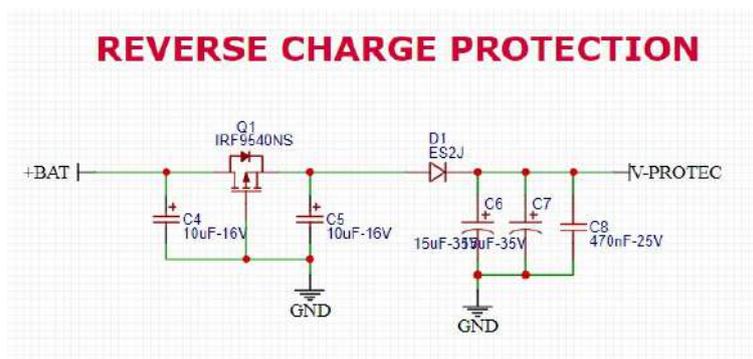


Figura 23. Reverse Charge Protection [47]

5V-5A REGULATOR

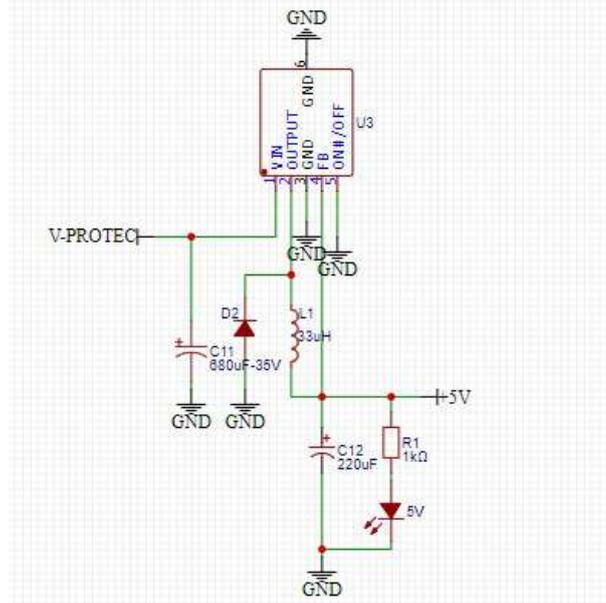


Figura 24. 5V-5A Regulator [48]



Figura 25. Caja de Control [49]

VII. RESULTADOS

Para establecer las curvas de alimentación del camarón en sus distintas etapas, se observa en la Figura 26 es fundamental determinar la cantidad de alimento necesario para cada etapa del desarrollo del camarón.

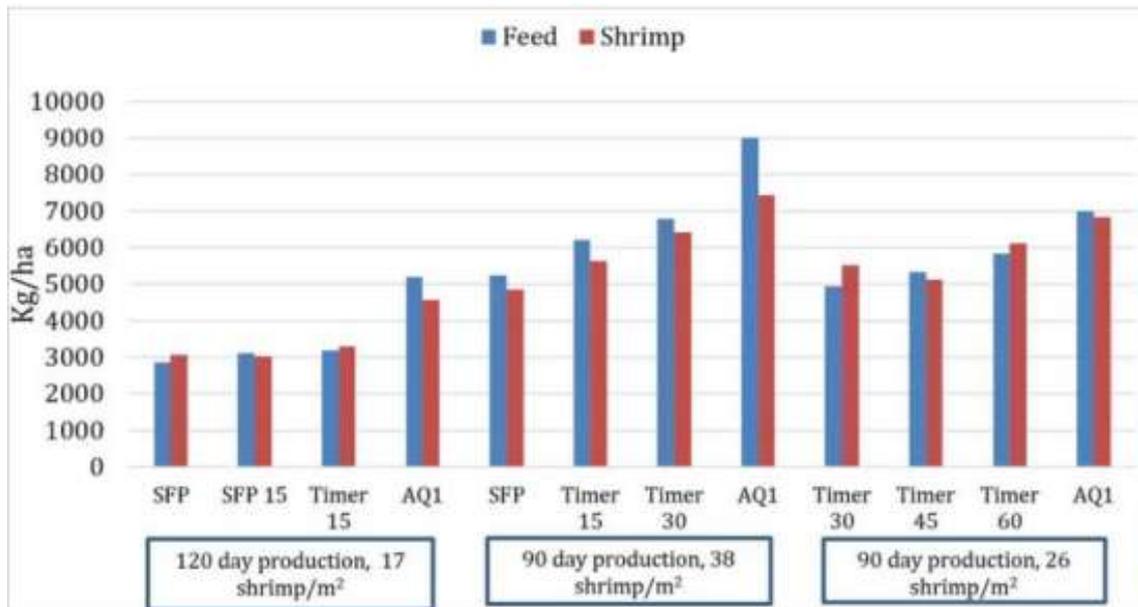


Figura 26. Alimentación-Biomasa del Camarón [50]

Etapa Larval:

- Durante esta etapa, los camarones larvales son muy pequeños y requieren una alimentación delicada y frecuente.
- Se recomienda proporcionar alimentos microscópicos como microalgas y rotíferos.
- La cantidad de alimento necesario suele estar en el rango de 5 % a 10 % del peso corporal total de las larvas por día.
- Es importante alimentar varias veces al día en pequeñas cantidades para garantizar una alimentación continua y evitar la competencia por los recursos alimenticios.

Etapa Juvenil:

- A medida que los camarones crecen y se convierten en juveniles, pueden consumir alimentos más grandes y variados.
- Se pueden ofrecer alimentos en forma de pellets o gránulos diseñados específicamente para camarones juveniles.
- La cantidad de alimento necesario puede variar según la especie y el tamaño de los camarones, pero suele oscilar entre el 3 % y el 5 % del peso corporal total por día.
- Es importante monitorear el crecimiento de los camarones y ajustar la cantidad de alimento en consecuencia para evitar el desperdicio y prevenir problemas de salud.

Etapa Adulta:

- Los camarones adultos tienen requisitos de alimentación diferentes según su tamaño, actividad reproductiva y condiciones del entorno.
- La cantidad de alimento necesario puede variar ampliamente y depende de factores como la dieta específica del camarón y la densidad de población en el estanque.
- Se recomienda alimentar a los camarones adultos con una cantidad que no exceda el 2 % al 3 % del peso corporal total por día.

- Es importante ajustar la cantidad de alimento según las condiciones del estanque y las necesidades individuales de los camarones.

Se puede calcular la tasa de alimentación en gramos por segundo (g/s) para cada configuración de tu dosificador, de 40 a 80 g/s en incrementos de 10 g/s.

Digamos que los datos experimentales te dan las siguientes tasas de alimentación en g/s para cada configuración:

- Para 40 g/s:t1 segundos por ciclo.
- Para 50 g/s:t2 segundos por ciclo.
- Para 60 g/s:t3 segundos por ciclo.
- Para 70 g/s:t4 segundos por ciclo.
- Para 80 g/s:t5 segundos por ciclo.

Para calcular el tiempo de encendido necesario para cada configuración, puedes usar la regla de tres simple:

$$TasadeAlimentación(g/s) = \frac{CantidaddeAlimento(g)}{TiempodeEncendido(s)} \quad (1)$$

Dado que quieres calcular el tiempo de encendido para 10 horas (36,000 segundos), la ecuación se convierte en:

$$TasadeAlimentación(g/s) = \frac{CantidaddeAlimento(g)}{36000segundos} \quad (2)$$

Entonces, puedes despejar el tiempo de encendido para cada configuración:

- Para 40 g/s:

$$t1 = \frac{40}{36000segundos} \quad (3)$$

- Para 50 g/s:

$$t2 = \frac{50}{36000segundos} \quad (4)$$

- Para 60 g/s:

$$t3 = \frac{60}{36000segundos} \quad (5)$$

- Para 70 g/s:

$$t4 = \frac{70}{36000segundos} \quad (6)$$

- Para 80 g/s:

$$t5 = \frac{80}{36000segundos} \quad (7)$$

Estos valores nos darán el tiempo de encendido necesario para cada configuración para alcanzar la tasa de alimentación deseada.

Se arrojó resultados significativos, demostrando un alcance de dispersión de hasta 18 metros con un voltaje de 12.24 voltios. Estos resultados resaltan la eficacia del sistema en la distribución uniforme de los nutrientes o aditivos necesarios para la cría de camarones en el medio acuático. La dispersión homogénea lograda es crucial para garantizar que cada camarón reciba una cantidad adecuada de los elementos esenciales para su crecimiento y desarrollo óptimos. Además se muestra en las Figura 27 y 28 , la capacidad de alcanzar distancias considerables de dispersión señala la versatilidad y la practicidad del sistema, lo que podría tener un impacto positivo en la eficiencia y la rentabilidad de la cría de camarones a gran escala. Estos resultados prometedores sugieren que el sistema desarrollado tiene el potencial de ser una herramienta valiosa en la industria acuícola para mejorar los procesos de alimentación y gestión de camarones.



Figura 27. Dosificador-Válvula de Paso [51]



Figura 28. Prueba de Motores [52]

En el diseño del sistema, se implementó una configuración de comunicación inalámbrica mediante módulos XBee, con un enfoque de maestro-esclavo. Como se observa en las Figuras 29 y 30 el módulo XBee configurado como maestro se alojó en una caja pequeña, mientras que el módulo XBee configurado como esclavo se integró en la tarjeta electrónica contenida en una caja de mayor tamaño. Esta disposición física permitió una conexión inalámbrica estable y eficiente entre los dos dispositivos, facilitando la transmisión de datos y comandos de control entre ellos. La utilización de los módulos XBee garantizó una comunicación fiable y de bajo consumo energético, adecuada para las necesidades del sistema en términos de distancia de transmisión y robustez en entornos electromagnéticamente ruidosos. La distribución física de los componentes en las cajas pequeña y grande proporcionó un diseño compacto

y funcional que cumplió con los requisitos de espacio y modularidad del proyecto. Esta configuración demostró ser efectiva en la implementación exitosa de la comunicación inalámbrica entre el maestro y el esclavo, contribuyendo así al funcionamiento adecuado y coordinado del sistema en su conjunto.

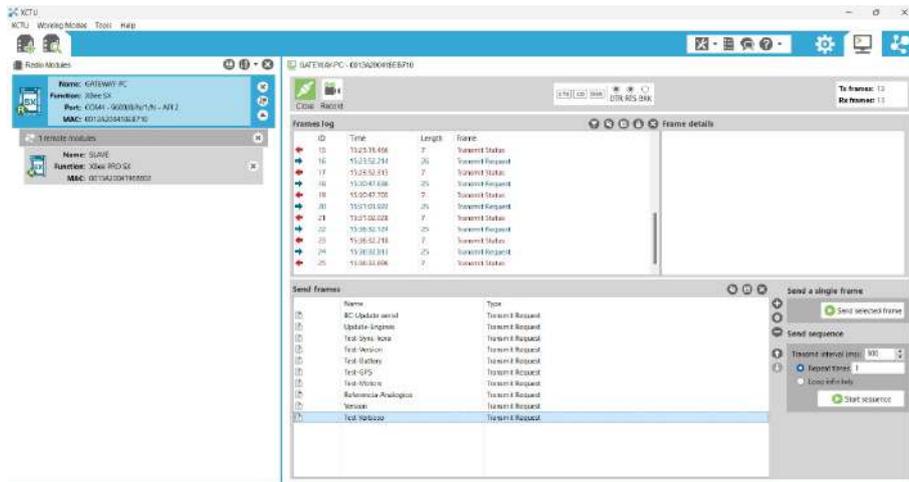


Figura 29. XCTU [53]

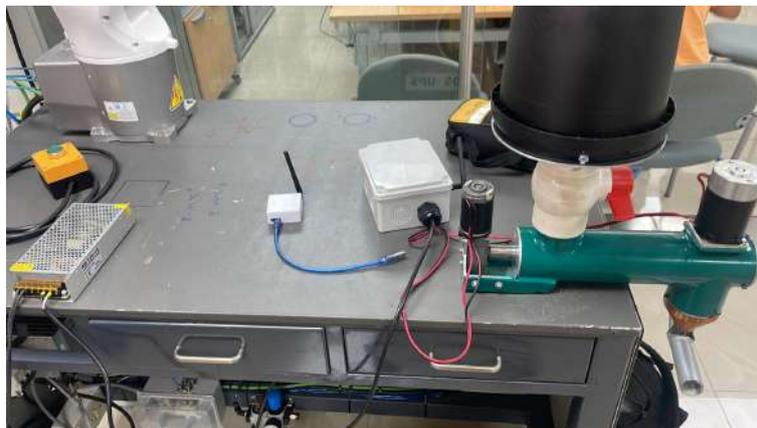


Figura 30. Dosificador-Caja de Control [54]

VIII. CRONOGRAMA

A continuación se muestra el cronograma de trabajo en la Figura 31.

VI. CRONOGRAMA Y ACTIVIDADES A DESARROLLAR													
<i>Tabla 1. Cronograma de Actividades, Referencia: Los Autores</i>													
No.	Tareas por realizar durante el proceso del Proyecto	Dic-23				Ene-24				Feb-24			
		Semanas											
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Elaboración de la propuesta del proyecto del trabajo de titulación	■	■										
2	Identificación de las variables del problema		■	■									
3	Elaboración del estado del arte			■	■								
4	Elaboración de base de datos entre ellos artículos científicos					■	■						
5	Elaboración de objetivos: General y Específicos					■	■	■					
6	Elaboración de la justificación							■	■				
7	Elaboración de marco teórico								■	■			
8	Elaboración del marco metodológico									■	■		
9	Identificar las citas y referencias bibliográficas										■	■	
10	Elaboración del Documento para el Trabajo de Titulación											■	■

Figura 31. Cronograma [55]

IX. PRESUPUESTO

A continuación se muestra el presupuesto gastado en la Figura 32.

Cantidad	Componente	V. Unitario USD	V. Total USD
1	Caja de Paso PVC	3.70	3.70
2	Conector EMT (acero)	1.10	2.20
10	Cable 2x16 AWG x 1m	0.72	7.20
1	Válvula esférica	6.00	6.00
2	Módulo Digi Xbee SX	65.00	130.00
1	Lector Xbee	10.00	10.00
1	Arduino nano	15.00	15.00
3	Rodamiento sellado	3.33	9.99
3	Bridas CNC poliacetal	45.00	135.00
1	Brida CNC metal	60.00	60.00
2	Base motor	17.50	35.00
1	Cono Impresión 3d	20.00	20.00
1	Helicoidal	255.00	255.00
1	Tuberías de acero (cortes)	65.00	65.00
1	Aplicación Pintura	15.00	15.00
1	Alimento Camarón 10lbs	15.00	15.00
1	Fuente Conmutada 12v 10A	17.00	17.00
2	Antena 5DBI + Pigtail	5.00	10.00
1	Módulo controlador RPM	25.00	25.00
1	Motor DC 12v 7000rpm	84.00	84.00
1	Motor DC 12v 60rpm 7kg.cm	75.00	75.00
	TOTAL USD		995.09

Figura 32. Presupuesto [56]

X. CONCLUSIONES

En el transcurso de esta investigación, se ha abordado el desafío de mejorar la eficiencia en la alimentación de camarones a través del desarrollo de un sistema innovador de dispersión de balanceado. A lo largo del proceso, se han alcanzado los objetivos propuestos, culminando en la creación de un dispositivo que permite una distribución homogénea del alimento dentro del área de alcance, mejorando significativamente la calidad de la alimentación proporcionada a los camarones en cultivo.

Las pruebas de campo realizadas han validado la funcionalidad y eficacia del sistema, demostrando su capacidad para proporcionar una distribución homogénea del balanceado en condiciones reales de producción. La utilización de una interfaz HMI ha facilitado la verificación y monitoreo del funcionamiento adecuado del sistema, brindando a los productores una herramienta invaluable para optimizar sus prácticas de alimentación.

En conclusión, el desarrollo de este sistema de dispersión de balanceado para camarón representa un avance significativo en la mejora de las prácticas de alimentación en la acuicultura. Además de contribuir al bienestar y crecimiento de los camarones en cultivo, este sistema promueve una gestión más eficiente de los recursos.

XI. RECOMENDACIONES

Basándonos en los resultados y conclusiones obtenidos en este estudio, se sugiere extender y aplicar de manera sistemática el sistema de dispersión equilibrada para camarón desarrollado aquí en la industria acuícola. Este avance tecnológico promete mejoras significativas en la eficacia de la alimentación, asegurando una distribución uniforme del alimento dentro del área de alcance y, por ende, optimizando el crecimiento y desarrollo de los camarones en cultivo.

Para garantizar una implementación exitosa, es crucial realizar un proceso de capacitación exhaustivo para el personal encargado de operar y mantener el sistema. Esto asegurará una utilización óptima de la tecnología, maximizando así sus beneficios en términos de productividad y rentabilidad para los productores acuícolas.

Además, se recomienda continuar con la investigación y desarrollo en este ámbito, explorando posibles mejoras y adaptaciones del sistema para adaptarse a diferentes condiciones de producción y necesidades específicas de los productores. Esto podría implicar la integración de tecnologías adicionales, como la automatización y el monitoreo remoto, con el objetivo de aumentar aún más la eficiencia y precisión del sistema de alimentación.

En conclusión, la implementación del sistema de dispersión equilibrada para camarón representa una inversión valiosa para los productores acuícolas, proporcionando una solución innovadora y eficiente para mejorar la calidad y sostenibilidad de la producción de camarón en cultivo.

REFERENCIAS

- [1] FAO, *Fisheries and Aquaculture*.
- [2] Science Direct, *Lifecycle of Pacific White Shrimp*.
- [3] Science Direct, *Shrimp Nutrition and Feeding*.
- [4] Aqua Feed, *Alimentadores Automáticos*.
- [5] Castillo, M., Sanz, N., *Technological innovation in shrimp feeders*, 2016.
- [6] Adhikari, S., Ozturk, I, *Effect of feed pellet size on growth performance and survival of Pacific white shrimp*, 2017.
- [7] Johansen, N. H., Ali, M. S., *Design and evaluation of a pellet dispenser for automatic feeding in shrimp farming*, 2013.
- [8] Li, Z., Liu, L., Wang, W., Wang, X., *Design and experiment of shrimp feeder based on Zigbee technology*. 2019.
- [9] TheNetworkEc, *La tecnificación del sector camaronero*, 2018.
- [10] Martínez-Córdova, L. R., Hernández-Llamas, A., *Effect of feeding strategies on the distribution of shrimp feeds in a semi-intensive culture system*. 2016.
- [11] Amarasinghe, N. R., *Performance and durability evaluation of shrimp automatic feeders*. 2018.
- [12] Acuaxcel, *Proyección de la Industria Camaronera*. Cámara Nacional de Acuicultura, 2018.
- [13] Estadísticas-Cámara Nacional de Acuicultura, *Reporte de Exportaciones Ecuatorianas*.
- [14] ResearchGate, *Etapas del Camaron*, https://www.researchgate.net/figure/Figura-5-Etapas-de-crecimiento-en-el-ciclo-de-vida-del-camaron-A-huevo-B-estadios_fig1349255964.
- [15] Roda International, *Ciclo de Vida*.
- [16] Roda International, *Tipos de Camarón*.
- [17] Mardex S.A, *Litopenaeus vannamei*.
- [18] TAM ENTREPRENEUR, *Procesos de Cultivo de Camarones*.
- [19] Global Seafood Alliance, *Curvas de Alimentación y Nutrición*.
- [20] PHILIPARD MELAND, *Curva de Alimentación*.
- [21] JetFeeder, *Alimentador Automático*.
- [22] BlueSensor, *Alimentador BlueSensor*.
- [23] BlueSensor, *Comunicación Bluesensor*.
- [24] Anónimo, *MAYO CLINIC*, <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/knee-pain/symptoms-causes/syc-20350849>, 2023.
- [25] J. H. Primavera, «Overcoming the impacts of aquaculture on the coastal zone,» vol. 49(9-10), n.º 531-545, 2006.
- [26] Powell, *Automatic Feeding Systems in Aquaculture*, 2018.
- [27] Lekang, *Aquaculture Engineering*, 2013.
- [28] JetFeeder, *Dosificador JetFeeder*.
- [29] C. V. Mohan, «An overview on automatic feeders used in aquaculture,» vol. 48(2), n.º 111-116, 2011.
- [30] M. A. M. Siddique, «Design and Development of Automatic Fish Feeder for Small-Scale Aquaculture. International Journal of Aquatic Biology,» vol. 6(1), n.º 12-16, 2018.
- [31] Keegan, *Development of Automatic Feeding Systems in Aquaculture: A Review. Aquacultural Engineering*, 2015.
- [32] M. B. Newt, «Use of fishmeal and fish oil in aquafeeds: further thoughts on the fishmeal trap,» vol. 12, n.º 1, 2002.
- [33] J. V. Mendoza., *Sensores y Acondicionadores de Señal: Encoders*, http://arantxa.ii.uam.es/gdrivera/robotica/h_datos/Sen 2003.
- [34] C. D. Webster, «Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture,» 2002.
- [35] C. S. Devi, «Automatic feeders in aquaculture,» vol. 60(6), n.º 13-15, 2010.
- [36] Chinese Suppliers, *Dosificador operativo en piscina camaronera*.
- [37] Autores - Cevallos Plúas, *Diagrama*.

- [38] Autores - Cevallos Plúas, *Ensamblaje*.
- [39] Autores - Cevallos Plúas, *Dosificador*.
- [40] Autores - Cevallos Plúas, *Simulación de Esfuerzos*.
- [41] Autores - Cevallos Plúas, *Estructura Principal*.
- [42] Autores - Cevallos Plúas, *Helidoidal*.
- [43] Autores - Cevallos Plúas, *Cono-Impresión 3D*.
- [44] Autores - Cevallos Plúas, *Motor 60RPM*.
- [45] Autores - Cevallos Plúas, *Motor 7000RPM*.
- [46] Autores - Cevallos Plúas, *Tarjeta Electrónica*.
- [47] Autores - Cevallos Plúas, *Reverse Charge Protection*.
- [48] Autores - Cevallos Plúas, *5v-5A Regulator*.
- [49] Autores - Cevallos Plúas, *Caja de Control*.
- [50] Global SeaFood, *Alimentación-Biomasa del camarón*.
- [51] Autores - Cevallos Plúas, *Dosificador-Vávula de Paso*.
- [52] Autores - Cevallos Plúas, *Prueba de Motores*.
- [53] Autores - Cevallos Plúas, *XCTU*.
- [54] Autores - Cevallos Plúas, *Dosificador-Caja de Control*.
- [55] Autores - Cevallos Plúas, *Cronograma*.
- [56] Autores - Cevallos Plúas, *Presupuesto*.
- [57] Autores - Cevallos Plúas, *Estructura-Cono*.
- [58] Autores - Cevallos Plúas, *Sensor1*.
- [59] Autores - Cevallos Plúas, *Sensor2*.
- [60] Autores - Cevallos Plúas, *Comunicación XBEE*.
- [61] Autores - Cevallos Plúas, *Plano-Helicoide*.
- [62] Autores - Cevallos Plúas, *Plano-Estructura Principal*.
- [63] Autores - Cevallos Plúas, *Plano-Tapa Tolva*.
- [64] Autores - Cevallos Plúas, *Plano-Rodamiento*.
- [65] Autores - Cevallos Plúas, *lano-Tapa1*.
- [66] Autores - Cevallos Plúas, *Plano-Tapa2*.
- [67] Autores - Cevallos Plúas, *Plano-Motor*.

APÉNDICE A
PLANOS Y FOTOS



Figura 33. Estructura-Cono [57]

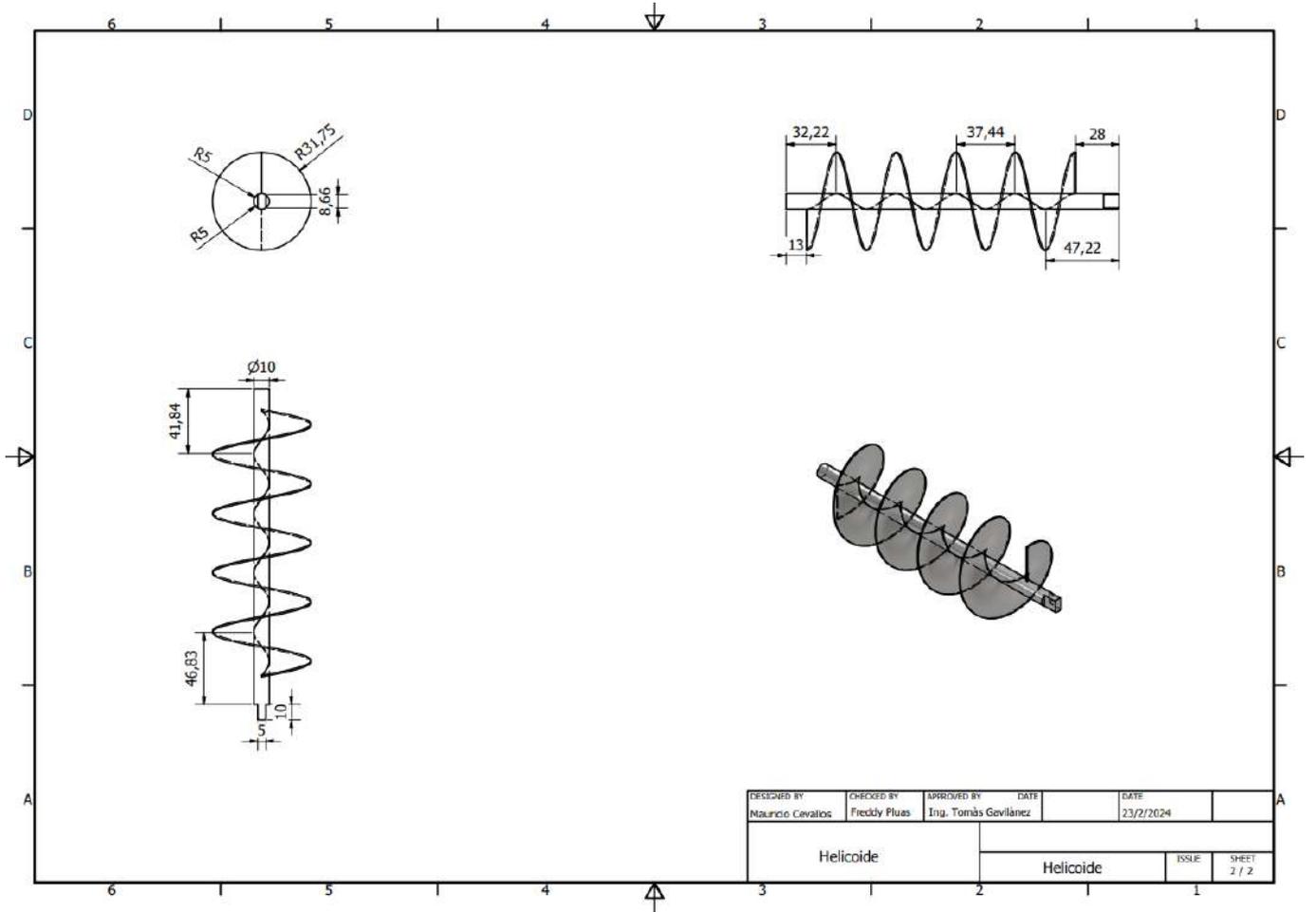


Figura 37. Plano-Helicoide [61]

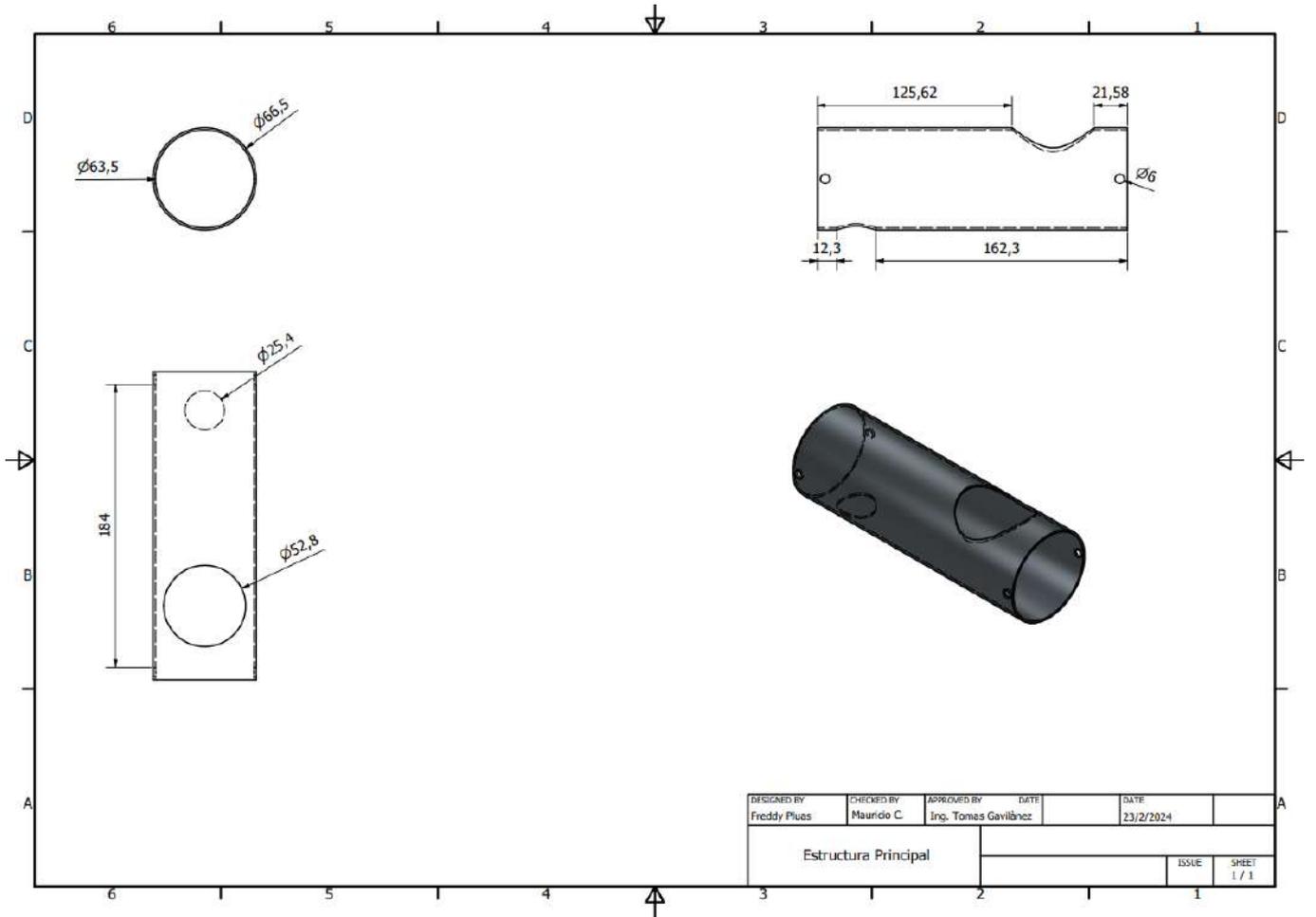


Figura 38. Plano-Estructura Principal [62]

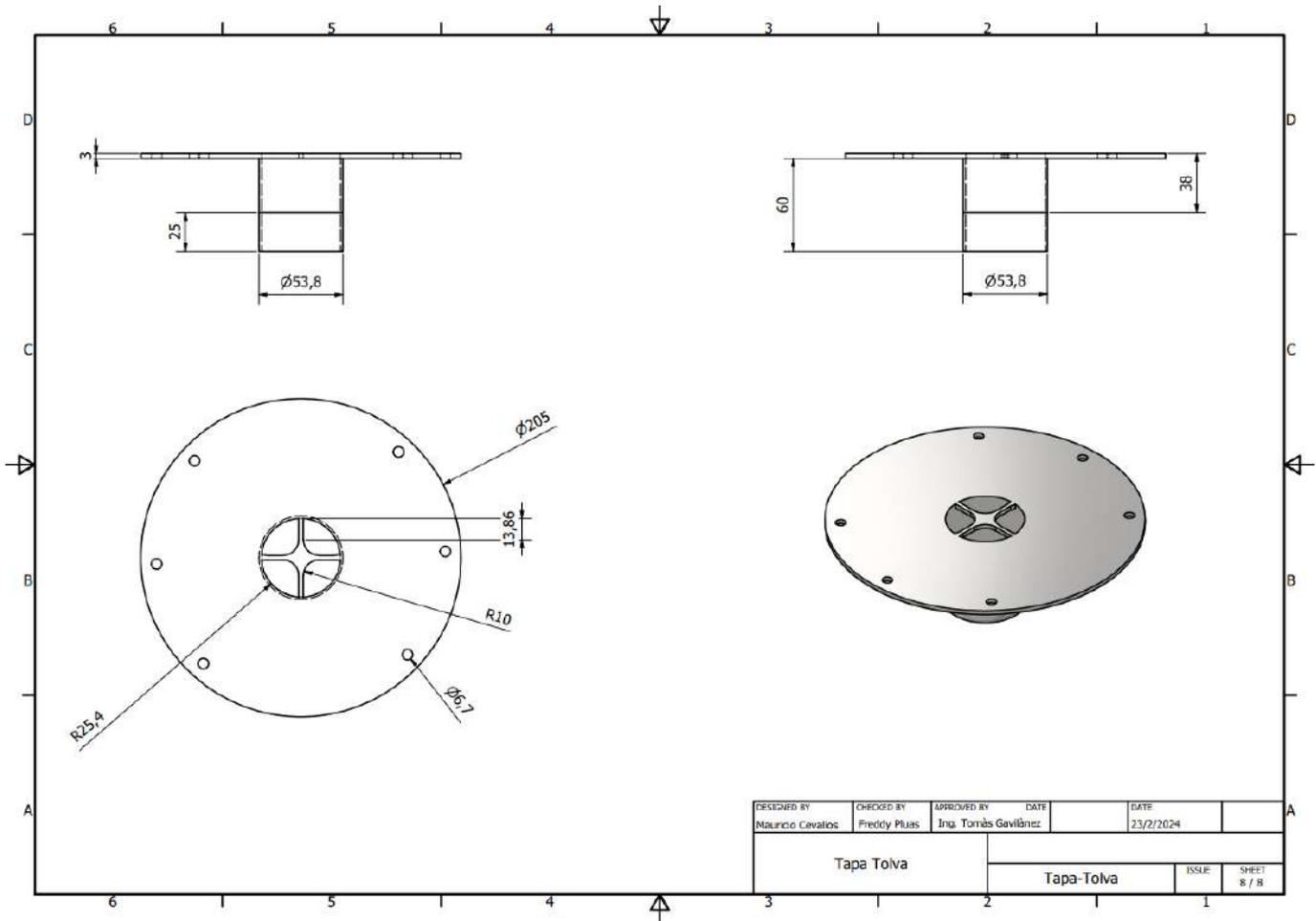


Figura 39. Plano-TapaTolva [63]

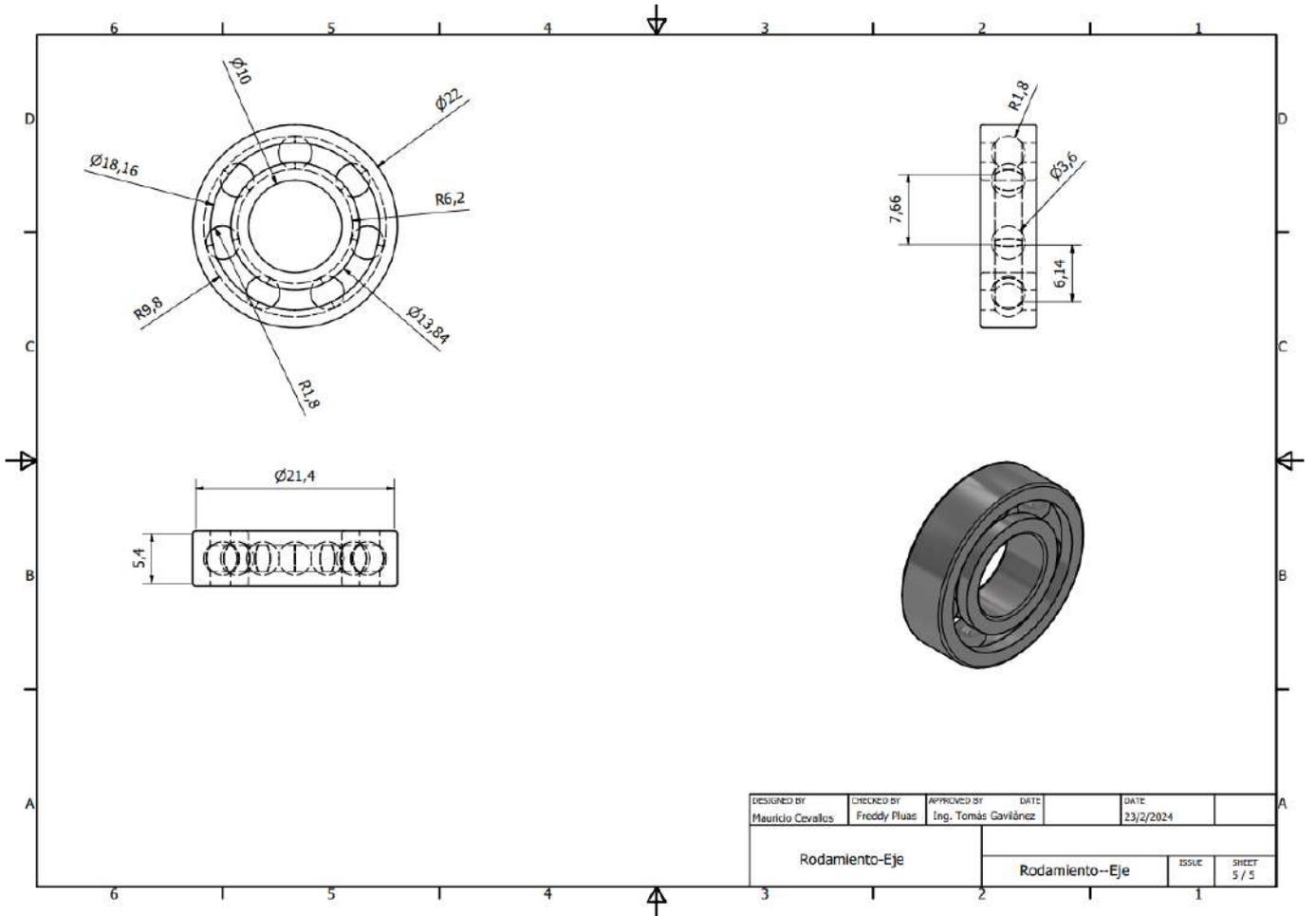


Figura 40. Plano-Rodamiento [64]

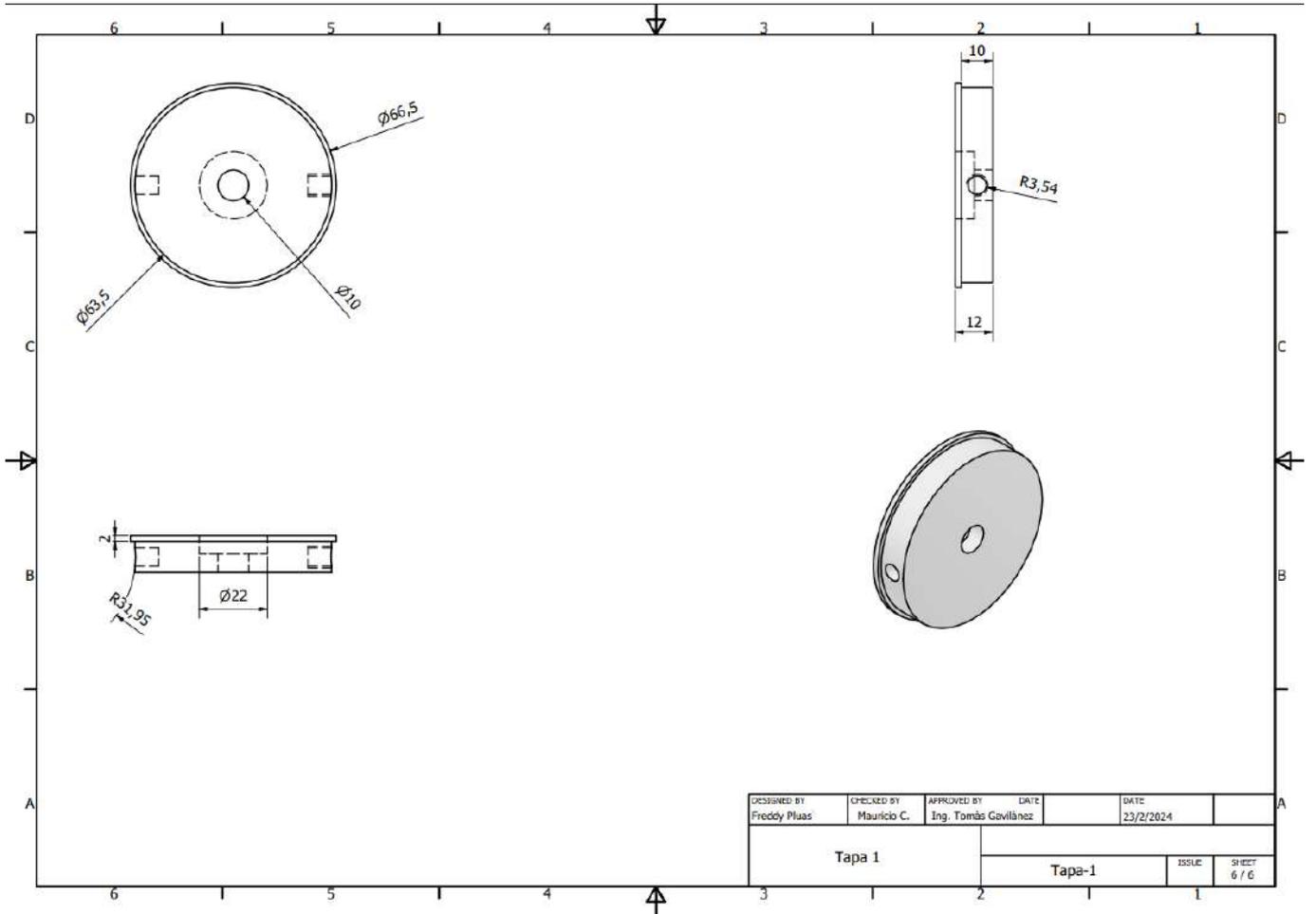


Figura 41. Plano-Tapa1 [65]

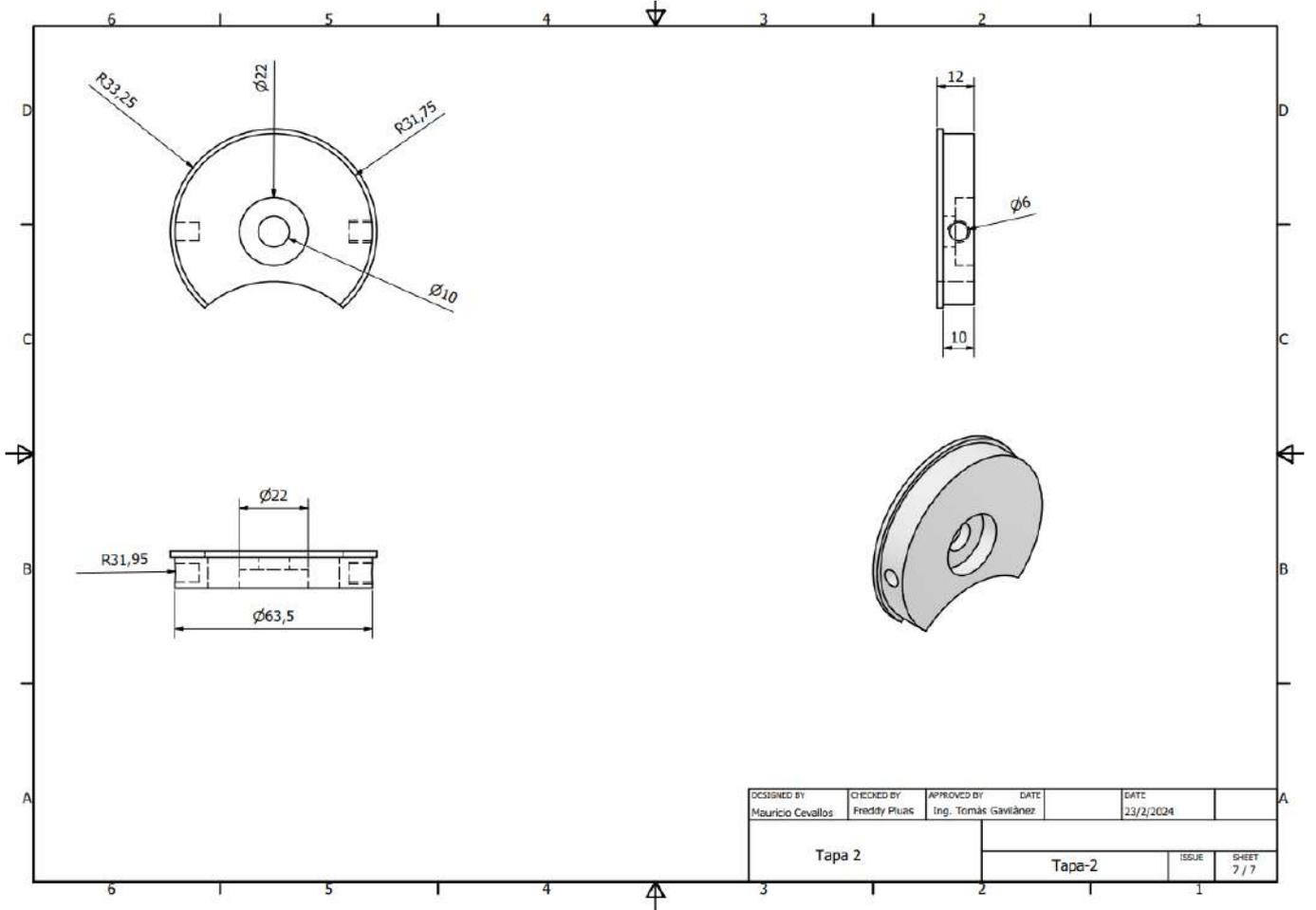


Figura 42. Plano-Tapa2 [66]

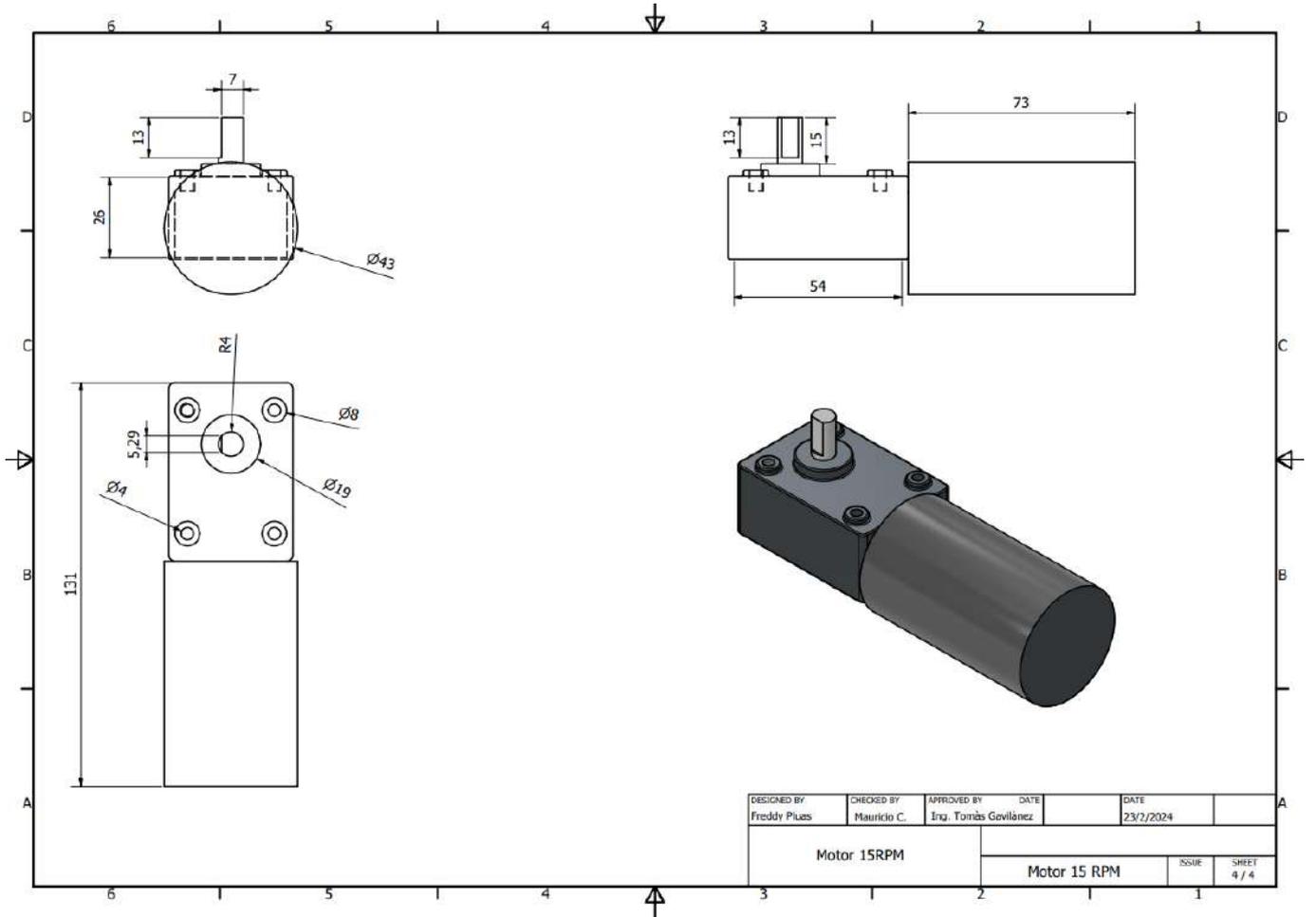


Figura 43. Plano-Motor [67]