

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

Diseño de un sistema automatizado de dispersión de alimento para
camarones en etapa de engorde

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Mecatrónica

Presentado por:

Lex Miguel Brunett Chávez

Jhonston Hernán Benjumea Masache

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico primero a Dios, que siempre me ha abierto las puertas necesarias para mis metas profesionales y personales, a mi madre Paola que siempre estuvo conmigo en los tiempos más duros, a mi padre Julio que me enseñó todo lo que se hasta el día de hoy, a mi hermana Franchesca que siempre me enseñó a ser responsable, a mi abuela Carmen que siempre cuidó de mí cuando mis padres no podían y a Emily, la persona a quien quiero siempre acompañándome y dándome consejos.

Lex Miguel Brunett Chávez

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico ante todo a Dios por darme fuerzas para cumplir las metas propuestas en mi vida.

A mis padres Silvia Masache y Darío Benjumea por siempre preocuparse de mi bienestar, apoyarme en todo momento y brindarme una buena educación.

A mi hermana Katherine Pazmiño y mis sobrinas Naomi y Amelia Patiño por darme ese cariño que me motivó a seguir adelante.

A mi abuelo y a la memoria de mi abuela que nos abrieron las puertas de su hogar y nos recibieron con gran amor en un grave momento.

**Jhonston Hernán Benjumea
Masache**

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a Dios, quien con su sabiduría y oportunidades he llegado hasta aquí.

A mi madre Paola quien siempre me enseno a no rendirme y seguir adelante en la complejidad, a mi padre Julio quien me forjo como persona, a mi abuela Carmen quien con su amor aprendí a ser más empático y asertivo con los demás.

A Emily, quien me ayudó y enseñó a amar a alguien con sinceridad.

Lex Miguel Brunett Chávez

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a Dios ya que sin él no hubiera llegado donde estoy ahora.

A mi familia por confiar en mí y hacer de mí una buena persona.

A mis abuelos por demostrarme tanto cariño y bondad.

A mi amada Andrea Rivera por ser mi compañera de aventuras, regalarme su amor y desvelarse conmigo dándome ideas y nuevos puntos de vista del proyecto.

A mis mejores amigos Gabriela Haro y Carlos Falconí por brindarme ese apoyo que necesitaba en el momento indicado.

A todos los amigos, compañeros y profesores que he conocido en estos lindos años de carrera universitaria.

Jhonston Hernán Benjumea
Masache

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Jhonston Hernán Benjumea Masache* y *Lex Miguel Brunett Chávez* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Brunett Chávez Lex Miguel



Benjumea Masache Jhonston Hernán

EVALUADORES

M. Sc. Terán Calle Efraín Andrés

PROFESOR DE LA MATERIA

PhD. Fajardo Pruna Marcelo Rodolfo

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

En el año 2021 Ecuador se posicionó como principal exportador de camarón blanco a nivel mundial, no obstante, anualmente se pierden aproximadamente 425 millones de dólares solo en alimento para camarón. Como causa principal de esta pérdida figura el uso de métodos clásicos e ineficientes de nutrición de camarones durante la etapa de engorde, fase crucial para su desarrollo. En el mercado ecuatoriano no se encuentra disponible un alimentador automático económico y eficiente, de manera que los productores optan por mantenerse en el uso de dispersión manual del alimento o de una dispersión automática de baja calidad. Inconvenientes como los atascamientos constantes de comida, la dispersión fija y la falta de retroalimentación oportuna, conllevan a aumento de mortalidad del camarón. Por tanto, frente a la necesidad de una respuesta accesible y efectiva, en el presente proyecto se estableció como objetivo el diseño de un alimentador automático, basado en un sistema mecatrónico modular, resistente y eficiente, capaz de disminuir atascamientos mecánicos, controlar la dispersión de comida y posibilitar un monitoreo en campo para visualizar los valores de nivel, voltaje y amperaje, además se procuró un ensamblaje basado en componentes disponibles en el mercado local. Tras validar los diseños concretados para el alimentador se concluye que este dispositivo no solo cumple con cada objetivo planteado, sino que, además, permite un margen favorable de ganancias a largo plazo mediante su venta.

Palabras Clave: Alimentador de camarón, Modular, Trituración, HMI, Tolva.

ABSTRACT

In 2021, Ecuador positioned itself as the world's leading exporter of white shrimp, however, approximately 425 million dollars are lost annually in shrimp feed alone. The main cause of this loss is the use of classic and inefficient shrimp nutrition methods during the fattening stage, a crucial phase for their development. Disadvantages such as constant clogging of food, fixed dispersal, and lack of timely feedback led to an increasing rate of shrimp mortality, nevertheless an economical and efficient automatic feeder is not available in the Ecuadorian market, so producers opt to continue using manual feed dispersion or low-quality automatic dispersion. Faced with the need for an accessible and effective response, the objective of this project was the design and testing of concept of an automatic feeder, based on a modular, resistant, and efficient mechatronic system capable of reducing mechanical jamming, controlling the dispersion of food, and allow in situ monitoring to visualize the values of level, voltage, and amperage, in addition, an assembly based on components available in the local market was sought. After validating the designed feeder, it is concluded that this device not only fulfills each objective set, but also allows a favorable profit margin in the long term through its sale.

Keywords: Shrimp Feeder, Modular, Shredding, HMI, Container.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE PLANOS	XIV
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Justificación del problema	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 Marco teórico	5
1.4.1 Sectorización del camarón en Ecuador	6
1.4.2 Tipos de cultivos de camarón en Ecuador	7
1.4.3 Proceso de producción del camarón en Ecuador	7
1.4.4 Sistema alimentador de camarón	9
1.4.5 Partes del alimentador	9
1.4.6 Diseño de tolvas	10
1.4.7 Mecanismos anti-atascamiento previo a la dispersión de comida en la piscina	11

1.4.8	Mecanismos de dispersión	13
1.4.9	Sensores.....	14
1.4.10	Estado del arte	14
CAPÍTULO 2		16
2.	Metodología.....	16
2.1	Proceso de diseño del alimentador.....	16
2.2	Necesidades del cliente.....	18
2.3	Área de estudio (piscina de una camaronera)	18
2.4	Requerimientos del sistema.....	20
2.5	Selección de la alternativa de solución	20
2.6	Matriz de decisión.....	23
2.7	Diseño conceptual	24
2.8	Diseño mecánico	26
2.8.1	Tolvas	26
2.8.2	Triturador	29
2.8.3	Dispensor	31
2.8.4	Dimensionamiento del alimentador	32
2.8.5	Análisis de cargas vivas y muertas	32
2.8.6	Soporte de panel solar	34
2.8.7	Flotadores	35
2.9	Diseño electrónico y eléctrico	36
2.9.1	Cálculos para la batería y el panel solar.....	43
2.9.2	Características de los componentes (actuadores y sensores).....	45
CAPÍTULO 3		49
3.	Resultados y análisis	49
3.1	Comparación de materiales para tolvas.....	49

3.2	Flotadores	51
3.3	Análisis estático y dinámico para el alimentador.....	52
3.4	Análisis de costos.....	61
CAPÍTULO 4		63
4.	Conclusiones y recomendaciones.....	63
4.1	Conclusiones.....	63
4.2	Recomendaciones.....	65
BIBLIOGRAFÍA		66
APÉNDICES.....		72

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
CNA	Cámara Nacional de Acuacultura
BCE	Banco Central del Ecuador
FDA	Food and Drugs Association
Covid-19	Coronavirus SARS-CoV-2
CIS	Inspección paso a paso, medición de potenciales de encendido
ASTM	American Society for Testing and Materials
HWL	High Water Level
LWL	Low Water Level
ASME	American Society of Mechanical Engineers
CSE	Electrodo de Cobre Sulfato de Cobre
SSC	Electrodo de Plata Cloruro de Plata
NACE	National Association of Corrosion Engineer

SIMBOLOGÍA

g	gramo
kg	Kilogramo
V	Voltios
mm	Milímetro
m^2	Metros cuadrados
Ni	Níquel
P	Fósforo
Mn	Manganeso
pH	Potencial de hidrógeno
m	Metro
A	Amperios
mA	Miliamperios
Ω	Ohmios
W	Watts
Ha	Hectáreas
°C	Grados Celsius
lb	Libras
L	Litros

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Principales importadores de camarón ecuatoriano (enero - octubre 2021).	5
Figura 1.2 Principales provincias cultivadoras de camarón.....	6
Figura 1.3 Especies comerciales de camarón en Ecuador	7
Figura 1.4 Diagrama de producción del camarón blanco en Ecuador	8
Figura 1.5 Pellets de balanceado para camarón.....	8
Figura 1.6 Tamaño de pellets de balanceado para camarón por etapas.....	9
Figura 1.7 Alimentador de camarón BlueSensor	10
Figura 1.8 Alimentador AQ1 en una piscina.....	10
Figura 1.9 Diseño de regulación de alimento con un tornillo sin fin.....	11
Figura 1.10 Diseño de regulación de alimento con rodillos	12
Figura 1.11 Regulación de alimento con paso tipo licuadora	13
Figura 1.12 Radio de dispersión para pellets de la marca Nicovita.....	13
Figura 1.13 Elevación en dosificadores AQ1 y BlueSensor	14
Figura 1.14 Esquema de sensores en el alimentador	14
Figura 2.1 Proceso de diseño del Alimentador	17
Figura 2.2 Piscina de Camarón	19
Figura 2.3 Diseño de alimentador de camarón.	25
Figura 2.4 Interfaz adjuntada en la caja de control del alimentador.	25
Figura 2.5 Dimensiones de tolva.	26
Figura 2.6 Desviación en las alturas de los pellets marca Agripac.....	27
Figura 2.7 Estimación de ángulo de talud natural de alimento para camarón	28
Figura 2.8 Visualización de la caja trituradora.	29
Figura 2.9 Caja de trituración, contendrá el sistema.	29
Figura 2.10 Trituradores para los grumos.	30
Figura 2.11 Plano del eje para el triturador, para instalar y retirar de la caja depende los rodamientos.	30
Figura 2.12 Brida para el acople de la tolva con la caja trituradora.....	31
Figura 2.13 Dispensor con apertura de 5 mm para el alimentador	31
Figura 2.14 Tamaño para el alimentador con la tolva grande.	32
Figura 2.15 Tapa de tolva con capacidad 350 kg.	33
Figura 2.16 Estructura del alimentador.	33

Figura 2.17 Segundo plano del alimentador.	35
Figura 2.18 Diagrama de bloques para el sistema electrónico del alimentador.....	36
Figura 2.19 Circuito de alimentación y regulación.....	37
Figura 2.20 Representación de sensores capacitivos y analógico	37
Figura 2.21 Circuito del controlador PIC18F4550	38
Figura 2.22 Circuito de pantalla LCD 1602	38
Figura 2.23 Circuito de salida de leds de 12V con el TIP120.....	39
Figura 2.24 Circuitos para los motores.	40
Figura 2.25 Diagrama de flujo de la programación.	41
Figura 2.26 PCB diseñada a partir del diagrama esquemático de la propuesta	42
Figura 2.27 Vista frontal de la placa PCB con la caja de control.	42
Figura 2.28 Ejemplo de sensor capacitivo marca WEG.	46
Figura 2.29 Sensor ultrasónico resistente al agua JSN-SR04T	46
Figura 2.30 Motor RS-775 GMP42 para la trituradora.	47
Figura 2.31 Motor RS-775	47
Figura 2.32 Foco led utilizado en vehículos de la marca IJDM.	48
Figura 3.1 Presiones en el silo.....	49
Figura 3.2 Presiones en la tolva	50
Figura 3.3 Flotador para el alimentador con tamaño comercial.....	52
Figura 3.4 AACCA con sus componentes respectivos.	53
Figura 3.5 Análisis del eje del triturador.....	54
Figura 3.6 Tritrador siendo analizado en Inventor Nastran	55
Figura 3.7 Estructura con el análisis de la estructura.....	56
Figura 3.8 Tolva con capacidad de 350 Kg.....	57
Figura 3.9 Protoboard implementada para la interfaz.	58
Figura 3.10 Impresiones en 3D.....	59
Figura 3.11 Gráfico de radio de dispersión vs Duty Cycle usando PWM	60
Figura A.1 Esquema y componentes del sensor capacitivo industrial.....	73
Figura A.2 Esquema de conexión del Sensor HC-SR04.....	74
Figura A.3 Sensor de radar.	74
Figura A.4 Funcionamiento de un sistema radar móvil.	75
Figura B.6 Muestras para el experimento del ángulo de reposo.	78
Figura B.7 Muestra 1 para cálculo de ángulo de talud natural.	79

Figura B.8 Muestra 2 para cálculo de ángulo de talud natural	79
Figura B.9 Muestra 3 para cálculo de ángulo de talud natural	79
Figura B.10 Muestra 4 para cálculo de ángulo de talud natural	80
Figura B.11 Estimación de cargas en un silo	82
Figura B.12 Cargas simétricas en el llenado.....	83
Figura B.13 Gráfico de tipos de tolvas	87
Figura B.14 Cargas en el llenado en una tolva	87
Figura B.15 Diagrama de esfuerzos admisibles.....	91
Figura B.16 Diagrama de presiones en una tolva.	92
Figura D.17 Tensión de von Mises de tolva 1	108
Figura D.18 Desplazamiento de tolva 1	109
Figura D.19 Factor de seguridad de tolva 1	109
Figura D.20 Tensión de von Mises para tolva 2.....	110
Figura D.21 Desplazamiento para tolva 2.....	110
Figura D.22 Factor de seguridad para tolva 2.....	111
Figura D.23 Tensión de von Mises para diente del triturador diseño 2	111
Figura D.24 Desplazamiento para diente del triturador diseño 2.....	112
Figura D.25 Factor de seguridad para diente del triturador diseño 2	112
Figura D.26 Ciclos de vida para diente del triturador diseño 2	113
Figura D.27 Tensión de von Mises para soporte de panel solar	113
Figura D.28 Factor de seguridad para soporte de panel solar	114
Figura D.29 Desplazamiento para soporte de panel solar	114
Figura D.30 Inicio del sistema al ser energizado con 12V.....	115
Figura D.31 Basado en el estado de los sensores capacitivos digitales se encienden o apagan Leds.....	116
Figura D.32 Encendido y apagado de Leds al funcionar el programa.....	117
Figura D.33 Diseño de la PCB con el mismo programa en base de los componentes Electrónicos usados.	118
Figura D.34 Imagen frontal del primer prototipo de la PCB del alimentador.....	119
Figura D.35 Distintas pruebas con un saco de balanceado y los trituradores formando grumos	119
Figura D.36 Otra imagen de pruebas con balanceado mojado y hecho grumos	120

Figura D.37 Brida comercial que puede ser utilizada para la conexión de la Tolva y la Caja de trituración	120
Figura D.38 Algunos de los componentes previo al armado del Protoboard.	121
Figura D.39 Pruebas de dispersión con un motor y en un lugar abierto.....	121
Figura D.40 Armado del circuito en un Protoboard	122
Figura D.41 El header del código donde definimos los Fuses, ADC y los puertos en el PIC	123
Figura D.42 Llamado de las librerías y configuración I2C para la pantalla LCD.....	123
Figura D.43 Configuración del ADC y mostrando los primeros avisos de la LCD ...	124
Figura D.44 Secuencia de encendido de Motor de rodillos y dispersor.....	124
Figura D.45 Comando de mostrar en pantalla el nivel después de dosificación de la tolva.....	125
Figura D.46 Ejemplo de código para la lectura de corriente en los motores y ADC	125
Figura D.47 Continuación del código para lectura de corriente.....	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Principales características de los sistemas de cultivo para camarón	6
Tabla 1.2 Densidad de pellets según el tipo de agua y grado de inmersión.....	9
Tabla 2.1 Necesidades del cliente ECRobotics	18
Tabla 2.2 Requerimientos del sistema.....	20
Tabla 2.3 Parámetros y ponderaciones.	23
Tabla 2.4 Matriz de solución de los parámetros.....	24
Tabla 2.5 Propiedades de material por defecto.	27
Tabla 2.6 Propiedades de pellets marca Agripac.....	27
Tabla 2.7 Dimensiones de tolvas.....	28
Tabla 2.8 Propiedades de materiales para alimentador de camarón	32
Tabla 2.9 Cargas muertas del alimentador.	34
Tabla 2.10 Cargas vivas del alimentador.....	34
Tabla 2.11 Resumen de las cargas muertas y vivas en el alimentador.....	35
Tabla 2.12 Tabla de PWM para el motor dispersor.....	40
Tabla 2.13 Consumo eléctrico de la PCB.	43
Tabla 2.14 Valores promedio desde 1981 hasta 2020.....	44
Tabla 2.15 Valores estándar para un panel de 300W genérico	44
Tabla 3.1 Presiones de carga y descarga sobre las paredes del silo.....	50
Tabla 3.2 Presiones de carga y descarga sobre la tolva.....	50
Tabla 3.3 Presiones de carga y descarga sobre la tolva.....	51
Tabla 3.4 Propiedades de los materiales.....	51
Tabla 3.5 Tabla de resumen de análisis estático y dinámico del eje.	54
Tabla 3.6 Resumen del triturador.	55
Tabla 3.7 Resumen de la estructura.	56
Tabla 3.8 Resumen para tolvas.....	57
Tabla 3.9 Resumen del análisis estático y dinámico.....	58
Tabla 3.10 Costos para componentes electrónicos y eléctricos.....	61
Tabla 3.11 Costos para componentes mecánicos	61
Tabla 3.12 Costos para sensores y actuadores.....	62
Tabla 3.13 Costos para componentes eléctricos	62
Tabla 3.14 Costos de producción del alimentador	62

Tabla A.1 Cuadro comparativo entre alimentadores	75
Tabla B.4 Dimensiones del balanceado.....	78
Tabla B.5 Medida de altura y diámetro en una muestra.....	80
Tabla B.6 Parámetros para la estimación de cargas.....	82
Tabla B.7 Parámetros de esfuerzos	84
Tabla B.8 Presiones horizontales, tracción y de rozamiento en las tolvas	85
Tabla B.9 Tensión vertical resultante.....	85
Tabla B.10 Cargas de descarga sobre las paredes verticales.	86
Tabla B.11 Tensión vertical media en tolva	88
Tabla B.12 Tensión vertical, normal y de tracción en las tolvas	90
Tabla B.13 Cargas en descarga en las tolvas.....	90
Tabla B.14 Esfuerzo a la tracción de las tolvas	92
Tabla B.15 Esfuerzos de las tolvas.....	93

ÍNDICE DE PLANOS

- Plano 1 Tapa de tolva 1
- Plano 2 Tolva 1
- Plano 3 Tolva 2
- Plano 4 Tamaño de AACA
- Plano 5 Dimensiones del panel solar 300 W
- Plano 6 Flotador para el alimentador
- Plano 7 Dispensador para el alimentador
- Plano 8 Brida de acople de tolva para triturador
- Plano 9 Eje del triturador para el sistema
- Plano 10 Caja trituradora
- Plano 11 Diente del triturador diseño 1
- Plano 12 Diente del triturador diseño 2
- Plano 13 Esquema electrónico para caja de control

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En abril del año 2021 Ecuador logró sostener durante el primer semestre un crecimiento del 13% en las exportaciones de camarón y un ingreso histórico de \$ 2,222 millones de dólares [1], con Asia, Estados Unidos y Europa como destinos principales [2].

Debido a las restricciones impuestas durante en 2020 como consecuencia de la pandemia de Covid-19, las exportaciones hacia Asia, destino de más del 50% del total del camarón ecuatoriano [3], se vieron gravemente afectadas, hecho que motivó al mercado ecuatoriano a diversificarse, entrando al mercado estadounidense [4]. Esto, junto al posterior levantamiento de las suspensiones impuestas por China, conllevó al posicionamiento de Ecuador como el principal exportador de camarón a nivel mundial. [5].

No obstante, para lograr la permanencia en el liderato, y garantizar una producción de calidad cumpliendo demandas cada vez mayores, las empresas camaroneras, han ido reemplazado gradualmente el método tradicional (al voleo) de abastecimiento de balanceado, por el uso de alimentadores automáticos [6]

La automatización de este proceso proporciona mayor control del consumo, disminución de desperdicios y un incremento en la tasa de supervivencia de las post larvas, además facilita el trabajo para el personal, sin embargo, aún se presentan vacíos en esta fase crucial para el desarrollo de tallas comerciales [7]. La falta de control oportuno del estado del alimentador y los imprevistos durante la dispersión figuran como los principales factores a tratar.

Como respuesta a estos problemas, este proyecto busca dar solución a estos importantes fenómenos por medio de estrategias innovadoras y la aplicación de modernos mecanismos de control, capaces de ofrecer información en el campo, del estado del alimentador y de prevenir atascos durante el proceso de dispersión. Tomando en cuenta que el 50% del presupuesto total solo se consume en alimentación [8].

1.1 Descripción del problema

La producción de camarones requiere de un cuidado preciso en la nutrición de los especímenes durante la etapa de engorde, cuidando de proveer de la cantidad correcta de balanceado en los horarios preestablecidos según sus necesidades nutricionales [9]

Como respuesta a esta necesidad las empresas líderes en producción camaronera han realizado bastos esfuerzos por modernizar sus procesos mediante la automatización, no obstante, se siguen utilizando ampliamente alimentadores automáticos que requieren de constante supervisión e intervención de operarios a fin de conocer su estado y de solucionar atascos durante la dispersión del balanceado en las piscinas camaroneras. Las consecuencias de estas falencias se reflejan en retrasos en el crecimiento y en la disminución de tasas de supervivencia del camarón.

Este proyecto está orientado a optimizar la producción de camarones mediante la automatización y sistematización de la dispersión de balanceado correspondiente a la etapa de engorde, incrementando la producción notablemente y disminuyendo la necesidad de intervención humana continua en los alimentadores.

1.2 Justificación del problema

En el marco del desarrollo económico del Ecuador, de la automatización y tecnificación de las industrias, han surgido en los últimos años numerosas empresas dedicadas a la automatización y tecnificación de los procesos de producción camaronera.

Tras el análisis de las ofertas de las principales marcas proveedoras de alimentadores automáticos en el país, tales como AQ1, Jeetfeeder, Bluesensor, se evidenció que gran parte de las opciones disponibles implementan el uso de hidrófonos, paneles solares y dispersión automática, tal como se detalla en la tabla A.1[Apéndices A], características que si bien incrementan la tasa de producción por libras al día hasta en un 44% [10] no bastan ante las exigencias presentes en los cultivos más utilizados en el país como son los extensivos, intensivos y semi-intensivos, retrasando los itinerarios y exponiendo a los especímenes a riesgos innecesarios [11].

Problemas como los atascos de material en el sistema de dispersión, la falta de información oportuna sobre el nivel de balanceado en la tolva conllevan a la necesidad de mayores horas de trabajo por parte de los operadores solventando estas falencias, cabe destacar también que los alimentadores menores a 120 kg, usados con frecuencia, no son capaces de soportar el peso de un humano sin verse afectado o virarse, situación que dificulta las revisiones [12].

En consecuencia, el presente proyecto debe ser capaz de aplicar con éxito las estrategias y mecanismos que solucionen los problemas previamente descritos, implementando una interfaz de monitoreo del estado del alimentador y un mecanismo capaz de prevenir y solucionar atascos durante la dispersión del alimento.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar un sistema mecatrónico de dispersión de alimento para camarones en etapa de engorde.

1.3.2 Objetivos específicos

- Diseñar un sistema mecánico modular, resistente y eficiente, capaz de cambiar su área de dispersión de balanceado y de disminuir atascamientos mecánicos.
- Seleccionar los sensores y actuadores para el control de dispersión de comida para garantizar un correcto funcionamiento y disponibilidad en el mercado.
- Implementar una interfaz de monitoreo en campo que permita visualizar los valores de nivel, voltaje y amperaje del alimentador.

1.4 Marco teórico

La CNA mediante cifras oficiales, indica que durante el periodo enero-octubre del año 2021, las exportaciones de camarón ecuatoriano sumaron \$3,957.55 millones con una siembra de 672.14 mil toneladas métricas. Estas cifras se concentraron, con un 45% del total, en China, un 24% en Europa, y un 22% en EE. UU., el porcentaje restante se distribuyó entre un 6% en el resto de Asia, un 3% en el resto de América y finalmente en un 1% en África, tal como se ilustra en la Figura 1.1 [13].

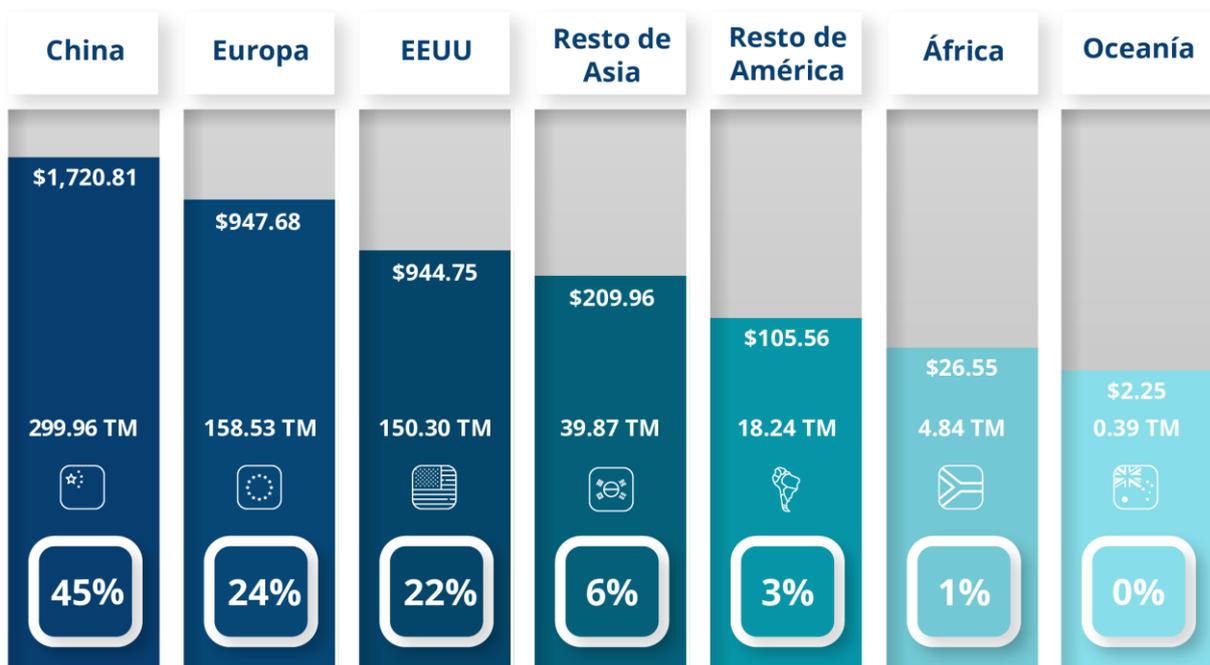


Figura 1.1 Principales importadores de camarón ecuatoriano (enero - octubre 2021). [14]

1.4.1 Sectorización del camarón en Ecuador.

Según datos del CNA, las principales provincias que cultivan camarón en Ecuador son: Guayas (43%), El Oro (38%), Manabí (14%), Santa Elena (3%), Galápagos (1%) y Esmeraldas (1%) como se observa en la figura 1.2 [15]

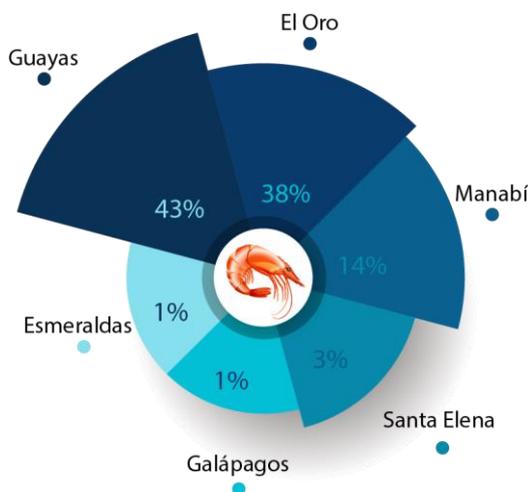


Figura 1.2 Principales provincias cultivadoras de camarón [16]

Los principales sistemas de cultivo de camarón en Ecuador son el extensivo, semi intensivo e intensivo. La tabla 1.1 detalla las características principales de cada uno [17].

Tabla 1.1 Principales características de los sistemas de cultivo para camarón [18]

	Extensivo	Semi-intensivo	Intensivo
Densidades	10,000 - 15,000 /ha	15,000 - 120,000 /ha	> 120,000 /ha
Dietas formuladas	No	Si	Si
Producción promedio	600 lb/ha/año	1,000 - 5,000 lb/ha/año	> 5,000 lb/ha/año

Actualmente 39 empresas exportadoras y 1,315 productores de camarón conforman el sector camaronero en Ecuador. En el 2020, a nivel nacional, se reportaron 250,000 Ha de siembra de camarón con una densidad desde 2,000 hasta 2,500 lb por Ha, lo que evidencia una tendencia al sistema de cultivo semi intensivo [19].

1.4.2 Tipos de cultivos de camarón en Ecuador

El camarón se desarrolla con éxito entre temperaturas que oscilan desde los 24 °C y los 31 °C, gracias al clima tropical de las costas ecuatorianas se cultivan exitosamente 6 especies distintas de camarón, ilustradas en la Figura 1.3, no obstante, el camarón blanco destaca por su interés comercial. Hasta el año 2015 el *Litopenaeus vannamei* lideró este grupo con un 95% de la producción total, seguido del *Litopenaeus stylirostris* con un 5% de la producción total, y en menor medida se cultivaron las especies *Litopenaeus occidentales*, *Litopenaeus californiensis*, *Litopenaeus brevisrostris* y *Litopenaeus precipua* [20].

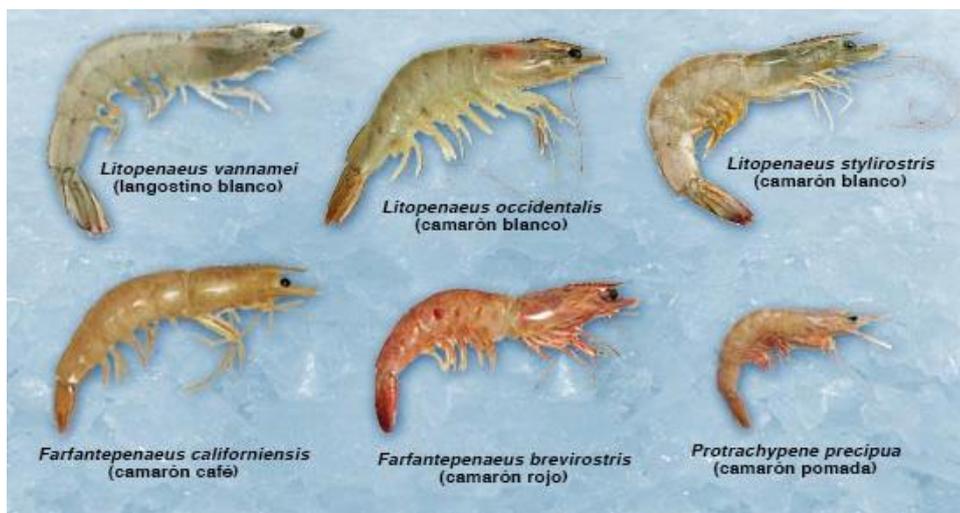


Figura 1.3 Especies comerciales de camarón en Ecuador [21]

1.4.3 Proceso de producción del camarón en Ecuador

El proceso de producción inicia con la recepción de larva de camarón y su siembra en un estanque. El camarón pasa por procesos de aclimatación, maternidad, pre-cría y luego de aproximadamente un mes llega al proceso de engorde en la cual estará el enfoque. En esta etapa los camarones se encuentran en estanques entre 4 ha y 50 ha de área y permanecen de 45 a 70 días hasta alcanzar el peso ideal para la cosecha. Finalmente ocurren diferentes procesos para la distribución y venta del camarón. [22]

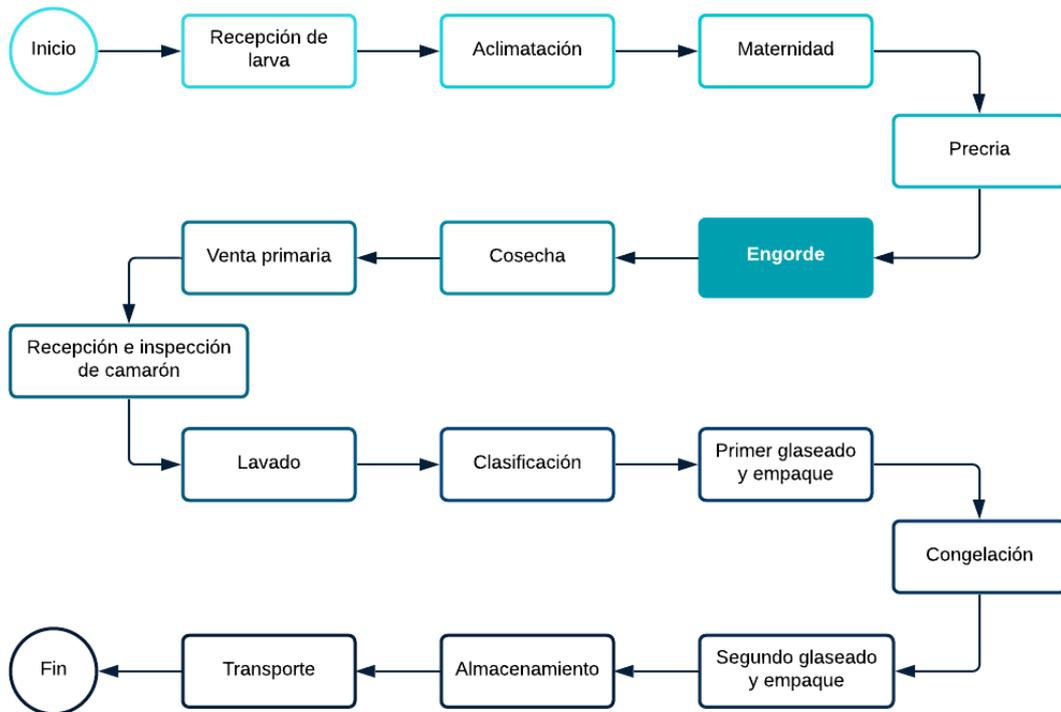


Figura 1.4 Diagrama de producción del camarón blanco en Ecuador [17]

Para la alimentación del camarón se usa principalmente los denominados Pellets, los cuales son partículas de balanceado en forma de cápsulas como se observa en la figura 1.5, diseñadas para que se puedan hundir hasta el fondo de la piscina y puedan mantener su integridad sin deshacerse mínimo por dos horas. [23]



Figura 1.5 Pellets de balanceado para camarón [18]

El tamaño del pellet varía con la etapa de producción del camarón. Para la etapa de engorde se suele usar un diámetro de 2.5 mm En la figura 1.6 se muestran los diferentes tamaños de pellets por la marca Nicovita. [24]



Figura 1.6 Tamaño de pellets de balanceado para camarón por etapas [19]

De igual forma la densidad de cada pellet varía acorde al grado de inmersión que se desee como se aprecia en la tabla 1.2. En nuestro estudio se considera una densidad de 500 g/L para el análisis del volumen de la tolva.

Tabla 1.2 Densidad de pellets según el tipo de agua y grado de inmersión [20]

Tipo de alimento	Densidad en agua salada 20 °C, 3% de salinidad	Densidad en agua dulce 20°
Flotante	< 480 g/l	< 440 g/l
Neutro	520 - 540 g/l	480 - 500 g/l
Lento hundimiento	580 - 600 g/l	540 - 560 g/l
Rápido hundimiento	> 640 g/l	> 600 g/l

1.4.4 Sistema alimentador de camarón

El alimentador automático se encarga de dispersar comida en un determinado tiempo mediante señales remotas de un supervisor desde el campamento. Con la empresa ECRobotics el envío de la señal para alimentar es dada por su dispositivo controlador [25].

1.4.5 Partes del alimentador

Un alimentador consta de diversas partes detalladas en la figura 1.7, inicia con la alimentación de energía mediante baterías, siguiendo con el contenedor o Tolva de comida almacenando durante la jornada, el dosificador o regulador de

comida controla mejor el flujo de masa previo a la dispersión hacia la piscina requiriendo girar a altas velocidades y todo sujeto con una estructura con flotadores que le den estabilidad al sistema [26].

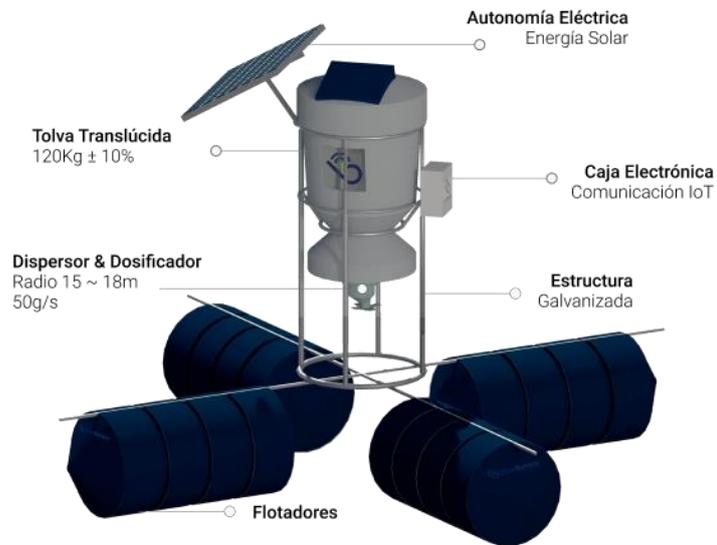


Figura 1.7 Alimentador de camarón BlueSensor [26]

1.4.6 Diseño de tolvas

Para implementar una tolva es necesario tener una caída y agrupación de la comida en un punto central donde el flujo másico del contenedor pueda caer para la zona de dispersión, un ejemplo cotidiano de diseño de tolva de la marca AQ1 y su geometría se puede ver en la figura 1.8.



Figura 1.8 Alimentador AQ1 en una piscina

Para el tamaño de tolvas se enfocó en algunos diseños de la competencia donde se concluye a dividir en dos tamaños ideales, una tolva de 150Kg y otro más grande de 350Kg [27].

1.4.7 Mecanismos anti-atascamiento previo a la dispersión de comida en la piscina

Como primer requerimiento dado por la empresa ECRobotics se tiene el diseño de un mecanismo que impida atascos del balanceado en su paso desde el contenedor al dispersor. Se recopilaron tres tipos de mecanismos anti-atascamiento tales como el tornillo sin fin, el triturador de uno o dos rodillos y paso tipo licuadora.

1.4.7.1 Tornillo sin Fin

Se utiliza para administrar el flujo de la comida para su correcta dispersión sin atascamientos. Este sistema depende de un motor a baja velocidad y mucho torque para poder funcionar, se fuerza mediante el empuje el paso de la comida del contenedor a lo largo del husillo para que finalmente sea expulsado por el dispersor como se evidencia en los sistemas AQ1 según la explicación del ingeniero Chiza en la figura 1.9 [28].

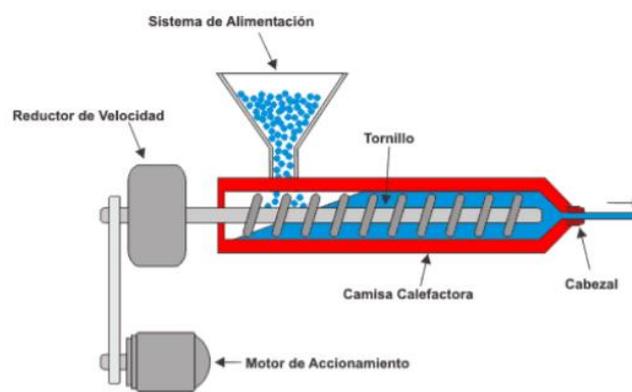


Figura 1.9 Diseño de regulación de alimento con un tornillo sin fin [28]

1.4.7.2 Trituración de balanceado

Este mecanismo permite triturar los grumos formados por la humedad que puede haber dentro de una tolva uniendo Pellets para formar figuras irregulares, por lo que el triturador debe reducir estos grumos para evitar atascos.

A continuación, se presentan dos ejemplos de diseños, el primero utiliza dos ejes rotatorios formados por discos permitiendo que trituren objetos de plástico o piedras, en casos industriales. El segundo, es un molino con martillos que utiliza un solo eje rotatorio que con ayuda de barras llamadas martillos permite la trituración de balanceado para ganado [29]. En la figura 1.10 se visualiza mecanismos de ejemplo para la selección de la solución.



Figura 1.10 Diseño de regulación de alimento con rodillos [29]

1.4.7.3 Paso tipo licuadora para evitar grumos y materiales indeseados

Este mecanismo tiene la ventaja de que la longitud del paso de la comida es mucho menor al tonillo sin fin y permite separar la comida con material intruso evitando la acumulación de grumos por motivos de humedad en el contenedor y la introducción de pequeños pedazos de madera o piedras.

Este sistema requiere una constante revisión para retirar algún material no deseado en la bandeja, como se visualiza en la figura 1.11. En base a imágenes tomadas de la página oficial de JetFeeder se evidencia

que el mecanismo trabaja a bajas velocidades y alto torque removiendo constantemente materiales no deseados [30].



Figura 1.11 Regulación de alimento con paso tipo licuadora [30]

1.4.8 Mecanismos de dispersión

Una vez se haya regulado y tratado los grumos en un alimentador, se procede a dispersarlos con el uso de un motor que rote un tubo en forma de Tee que por la fuerza centrípeta que ejerce el motor la comida salga dispersada por una cantidad de metros, cada marca puede ofrecer un radio de dispersión, donde a mayor tamaño de Pellet mayor será la dispersión de comida como en la figura 1.12. [31]

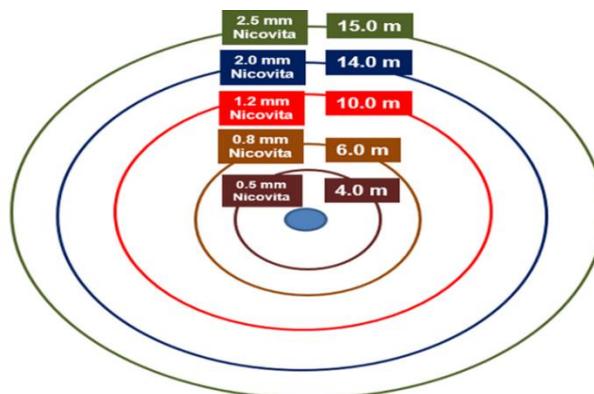


Figura 1.12 Radio de dispersión para pellets de la marca Nicovita [31]

Se observa que algunos alimentadores hacen uso de una pequeña elevación en los tubos como en el dosificador de AQ1 y el BlueSensor en la figura 1.13.



Figura 1.13 Elevación en dosificadores AQ1 y BlueSensor

1.4.9 Sensores

Para esta parte se investigó sobre sensores industriales que se utilizan en el alimentador siguiendo el siguiente esquema para sensores de nivel en la figura 1.14. [Apéndice A].

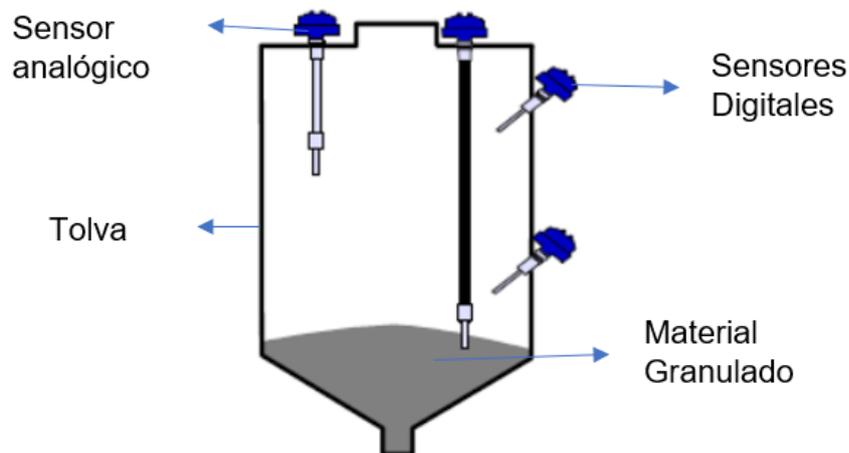


Figura 1.14 Esquema de sensores en el alimentador

1.4.10 Estado del arte

Desde el año 2010 empezó lo que la Unión Europea reconoce como la cuarta revolución industrial. Entre las propuestas innovadoras que han permitido el crecimiento vertiginoso de la producción de nuevas tecnologías se encuentra la Inteligencia Artificial, una estrategia arriesgada pero efectiva que elimina la necesidad de la constante presencia humana en numerosos procesos fundamentales de cada sector productivo [32].

Los costos del proceso de abastecimiento de alimento y nutrición en las granjas camaroneras suman un total de un 60% del valor de todo el proceso productivo de esta actividad económica [33]. Se le atribuye gran parte del gasto total a el abastecimiento impreciso de balanceado, demasiado alimento o, por el contrario, muy poco, inciden directamente en pérdida de musculatura o anomalías durante las fases larvarias y de engorde del camarón, la utilización de Inteligencia Artificial ha probado su capacidad para dilucidar estos inconvenientes, resultando en una disminución de hasta un 21% del gasto total del proceso nutritivo en las piscinas productoras. Esto se debe al abastecimiento diferenciado basado en los numerosos patrones encontrados de niveles de apetito que presentan los especímenes durante las distintas etapas del día [34].

En el proyecto “Factibilidad para la implementación de alimentadores automáticos en piscinas camaroneras de Aquamar S.A.” se concluye que los costos de instalación e implementación de alimentadores automáticos equipados con hidrófonos no representan un factor negativo, puesto que se superó las expectativas planteadas para la optimización del factor de conversión alimenticio disminuyendo en un 17% la cantidad requerida de balanceado para la misma libra de camarón tras la implementación de esta estrategia, además, se evidenció un incremento del porcentaje de supervivencia de larvas en etapa de engorde de un 50.5% a un 98% [35].

Estos antecedentes otorgan una idea clara de que la implementación de inteligencia artificial para el manejo de datos, obtenidos mediante diversos sistemas de recopilación de datos implementados previamente incrementa el volumen por libras producidas y mejora la calidad del camarón blanco.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En esta sección se describió los métodos a seguir para el diseño del proyecto con el fin de cumplir el objetivo establecido, donde se especificará pasos como la selección de principios de alternativas viables con su funcionalidad, reconociendo a la mejor solución y el desarrollo de elementos mecánicos, materiales, electrónica y control, con sus pruebas en físico y simulación.

2.1 Proceso de diseño del alimentador

El diseño final requirió el cumplimiento de varias etapas en base de los requerimientos del cliente y la investigación realizada en el capítulo uno. En la figura 2.1 se especificó, mediante un diagrama de flujo, el proceso a seguir para el diseño final del alimentador, tomando en cuenta pruebas, planos y cálculos.

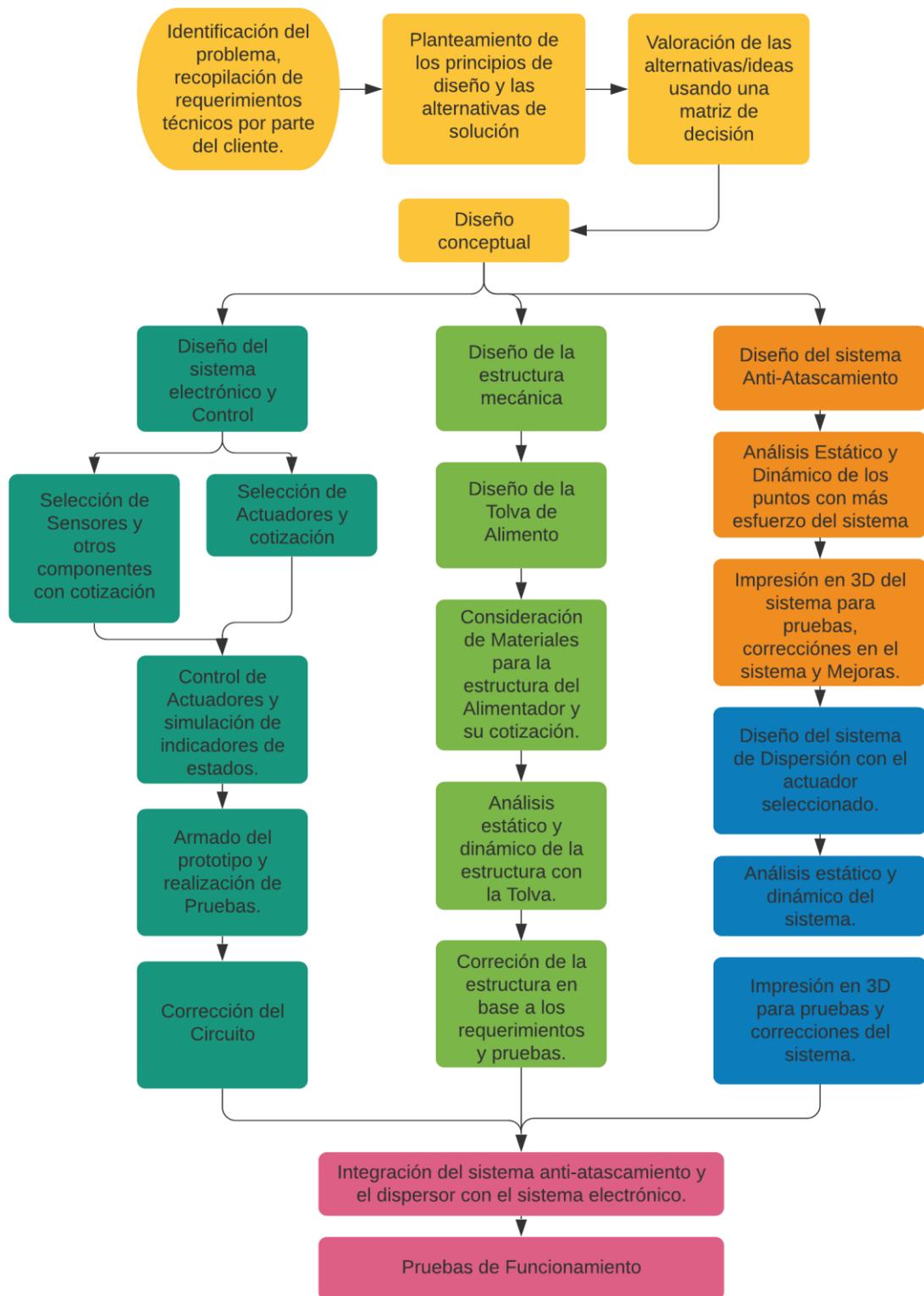


Figura 2.1 Proceso de diseño del Alimentador

2.2 Necesidades del cliente

En base de las distintas reuniones con el cliente ECRobotics, que es el diseño y cotización de un alimentador de camarón automático que se pueda implementar en su infraestructura actual, el cliente dio más preferencia en el diseño mecánico y materiales, aunque para la parte electrónica se mostró las innovaciones frente al resto de proveedores de alimentadores automáticos en tabla 2.1 [Apéndices A].

Tabla 2.1 Necesidades del cliente ECRobotics

Sistema anti-atascamiento	Para grumos de alimento formados por la humedad.
Control en dispersión de alimento	9 a 12 metros de dispersión sin necesidad de cambiar actuadores.
Tolvas modulares	Que se puedan cambiar las tolvas sin tener que adquirir otro alimentador.
Control de nivel de tolva	Envío de la información en cada dosis por radiofrecuencia.
Comparación de materiales	En la estructura y tolva para elegir el mejor.

2.3 Área de estudio (piscina de una camaronera)

El cultivo extensivo se caracteriza por el uso de dimensiones menores en los que se busca generar una alta densidad de siembra, esta particularidad otorga al productor mayor control sobre la producción, y favorece el crecimiento del **Litopenaeus vannamei** y del **Litopenaeus stylirostris**, registrando de 400,000 a 800,000 postlarvas por ha. [36]. No obstante, para tener éxito se debe cumplir con determinados estándares, entre los que destacan las dimensiones de la piscina y la forma.

La superficie dependerá del terreno disponible, pero se recomienda un mínimo de $100 m^2$ un máximo de $1000 m^2$ para optimizar la producción se establece una forma circular o semicircular para una mejor circulación de los deshechos [37].

Esta técnica de cultivo ofrece una rentabilidad superior a la extensiva, ya que, por hectárea se puede lograr obtener 150 quintales en cada corrida, mientras que, en el cultivo extensivo se produce alrededor de 30 quintales por hectárea [38].



Figura 2.2 Piscina de Camarón

Los sistemas de bombeo y de aireación son dos ejes para un desarrollo adecuado de las larvas, ambos se utilizan para promover aumentar el nivel de oxígeno disuelto a través del recambio de agua [39].

El tamaño y forma de la piscina será determinante para la ubicación de la estación de bombeo y de los aireadores, afectando también a la ubicación y número necesarios de alimentadores automáticos.

El sistema de alimentadores automáticos se complementa con el uso de hidrófonos o sensores para optimizar el balanceado, evitando desperdicios y alimentando de 6 a 12 veces por día. La cantidad de alimentadores automáticos se debe seleccionar tomando en cuenta la cantidad total de biomasa, procurando proveer de alimentación suficiente para evitar la competencia o el desarrollo deficiente por falta de una nutrición adecuada, tomando en cuenta que cada alimentador puede abastecer un máximo de 5000 kg. [40]

2.4 Requerimientos del sistema

En base de las necesidades del cliente, para realizar el diseño de un alimentador automático de camarón se muestran los requerimientos de diseño en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Requerimientos del sistema

Beneficiario: BIODYNAMICS TECH	Producto: DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE DISPERSIÓN DE ALIMENTO PARA CAMARONES EN ETAPA DE ENGORDE. Fecha: 21/01/2022		
Especificaciones			
Concepto	Fecha	R/D	Descripción
Función	21/01/2022	R	Este dispositivo permitirá una dispersión correcta de a comida sin atascamientos de alimento de camarón
Dimensiones	21/01/2022	R	El dispositivo debe tener entre 2 a 3 metros de altura y un área de 2x2 metros.
Elementos	21/01/2022	R	Tolva, Panel Solar, Caja de control, Estructura, Flotadores, Sistema anti-atascos, dispersor
Tolva	21/01/2022	R	El sistema debe ser modular, para poder presentar varios tamaños de tolva para la cantidad de comida que desee el cliente.
Sistema anti-atascos y de dispersión	21/01/2022	R	El alimentado debe tener la posibilidad de evitar atascos y tener un rango de dispersión más amplio.
Costos	21/01/2022	D	El proyecto esta en fase de diseño, en futuras fases se podrá adjuntar considerar un presupuesto
Batería	21/01/2022	R	La batería debe ser capaz de alimentar el sistema durante la noche y los tiempos que no haya mucho sol.
Propone: Biodynamics en reuniones previas			
R/D = R es Requerimiento, D = Deseo			

2.5 Selección de la alternativa de solución

Con las necesidades del cliente, la problemática y los requerimientos técnicos se definieron nueve alternativas de solución para el alimentador, detallados a continuación:

- **Alternativa A:**

Alimentador de Camarón Automático con un mecanismo de tornillo sin fin, sistema de dispersión de alimentación controlada a lazo abierto, tolva con nivel

controlado por sensores Capacitivos y de Radar, estructura metálica, Panel Solar y monitoreo del estado de alimentador con una pantalla LCD y luces LED.

- **Alternativa B:**

Alimentador de Camarón Automático con un mecanismo de tornillo sin fin, sistema de dispersión de alimentación controlada a lazo abierto, tolva con nivel controlado por sensores Capacitivos y de Ultrasonido, estructura metálica, Panel Solar y monitoreo del estado de alimentador con una pantalla LCD y luces LED.

- **Alternativa C:**

Alimentador de Camarón Automático con un mecanismo de tipo licuadora, sistema de dispersión de alimentación controlada a lazo abierto, tolva con nivel controlado por sensores Capacitivos y de Radar, estructura metálica, Panel Solar y monitoreo del estado de alimentador con una pantalla LCD y luces LED.

- **Alternativa D:**

Alimentador de Camarón Automático con un mecanismo de tipo licuadora, sistema de dispersión de alimentación controlada a lazo abierto, tolva con nivel controlado por sensores Capacitivos y de Ultrasonido, estructura metálica, Panel Solar y monitoreo del estado de alimentador con una pantalla LCD y luces LED.

- **Alternativa E:**

Alimentador de Camarón Automático con un mecanismo de Triturador de Balanceado, sistema de dispersión de alimentación controlada a lazo abierto, tolva con nivel controlado por sensores Capacitivos y de Radar, estructura metálica, Panel Solar y monitoreo del estado de alimentador con una pantalla LCD y luces LED.

- **Alternativa F:**

Alimentador de Camarón Automático con un mecanismo de Triturador de Balanceado, sistema de dispersión de alimentación controlada a lazo abierto, tolva con nivel controlado por sensores Capacitivos y de Ultrasonido, estructura metálica, Panel Solar y monitoreo del estado de alimentador con una pantalla LCD y luces LED.

Con las alternativas mostradas se debe elegir la mejor, por ende, en base al diseño concurrente, se realizará un análisis de las alternativas en función de los criterios mostrados en la Tabla 2.3, mostrando en base de la importancia los criterios que predominan y su porcentaje de decisión correspondiente. Se describe brevemente cada criterio a utilizar.

- **Costo:** Viabilidad económica y disponibilidad de componentes en el mercado local.
- **Confiabilidad:** Que asegure una buena retroalimentación en el nivel del tanque del alimentador.
- **Funcionalidad:** Que permita su correcto funcionamiento a lo largo de la jornada de alimentación.
- **Autonomía:** Que el sistema garantice una autonomía suficiente en el tiempo de uso.
- **Calidad:** Que cumpla con estándares de manejo de productos alimenticios, materiales apropiados y fácil limpieza.
- **Eficiencia:** Que no se trabe durante el funcionamiento del sistema (Se alimenta a los camarones).
- **Complejidad:** Que no implique dificultad en la implementación, reparación y limpieza del sistema.

Tabla 2.3 Parámetros y ponderaciones.

Confiabilidad	Funcionalidad	Autonomía	Calidad	Eficiencia	Complejidad	Sumatoria +1	Ponderación
1	1	1	1	1	1	7	0.250
	0.5	0.5	0.5	1	1	4.5	0.161
0.5		0.5	0.5	1	1	4.5	0.161
0.5	0.5		0.5	1	1	4.5	0.161
0.5	0.5	0.5		1	1	4.5	0.161
0	0	0	0		1	2	0.071
0	0	0	0	0		1	0.036
SUMA						28	1.000

2.6 Matriz de decisión

En base a los criterios proporcionados en la sección anterior se procedió a realizar la comparación de cada alternativa propuesta. Donde según el análisis del diseño concurrente se seleccionó la alternativa E debido a que demostró ser la opción óptima, aunque se iguala por 0.03 con la alternativa F, debido a que su diferencia sería el cambio de sensor analógico capacitivo a ultrasónico. En el sentido de eficiencia en la trituración de alimentos, controlado por PWM para tener un mejor rango de dispersión, la tolva debe permitir el correcto deslizamiento de la comida y con materiales que garanticen una larga vida útil. Los resultados de la evaluación se muestran en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Matriz de solución de los parámetros.

CONCLUSIONES	COSTO	CONFIABILIDAD	FUNCIONALIDAD	Autonomía	CALIDAD	EFICIENCIA	COMPLEJIDAD	SUMATORIA	PRIORIDAD
SOLUCIÓN A	0.03571	0.01531	0.02679	0.01531	0.00765	0.01361	0.00170	0.11607	5
SOLUCIÓN B	0.04762	0.00765	0.02679	0.00765	0.01531	0.00340	0.00340	0.11182	6
SOLUCIÓN C	0.01190	0.03061	0.02679	0.03061	0.02296	0.01701	0.00510	0.14498	4
SOLUCIÓN D	0.02381	0.02296	0.02679	0.02296	0.03827	0.00680	0.00850	0.15009	3
SOLUCIÓN E	0.05952	0.04592	0.02679	0.04592	0.04592	0.02041	0.01020	0.25468	1
SOLUCIÓN F	0.07143	0.03827	0.02679	0.03827	0.03061	0.01020	0.00680	0.22236	2
SUMA								1.00000	

2.7 Diseño conceptual

El sistema alimentador de camarón para la etapa de engorde debe contener una tolva que facilite la circulación de Pellets hasta la zona trituradora, la cual reduce el tamaño de los grumos hasta la zona de dispersión, en donde, mediante un motor y señales PWM son lanzados al agua gracias a la acción de la fuerza centrífuga. El alimentador debe abastecerse de energía por un panel solar apropiado y sostenerse en una estructura metálica.

En las figuras 2.3 y 2.4 se muestra cómo se vería el alimentador con las distintas partes que lo componen, además de su caja de control con la interfaz.

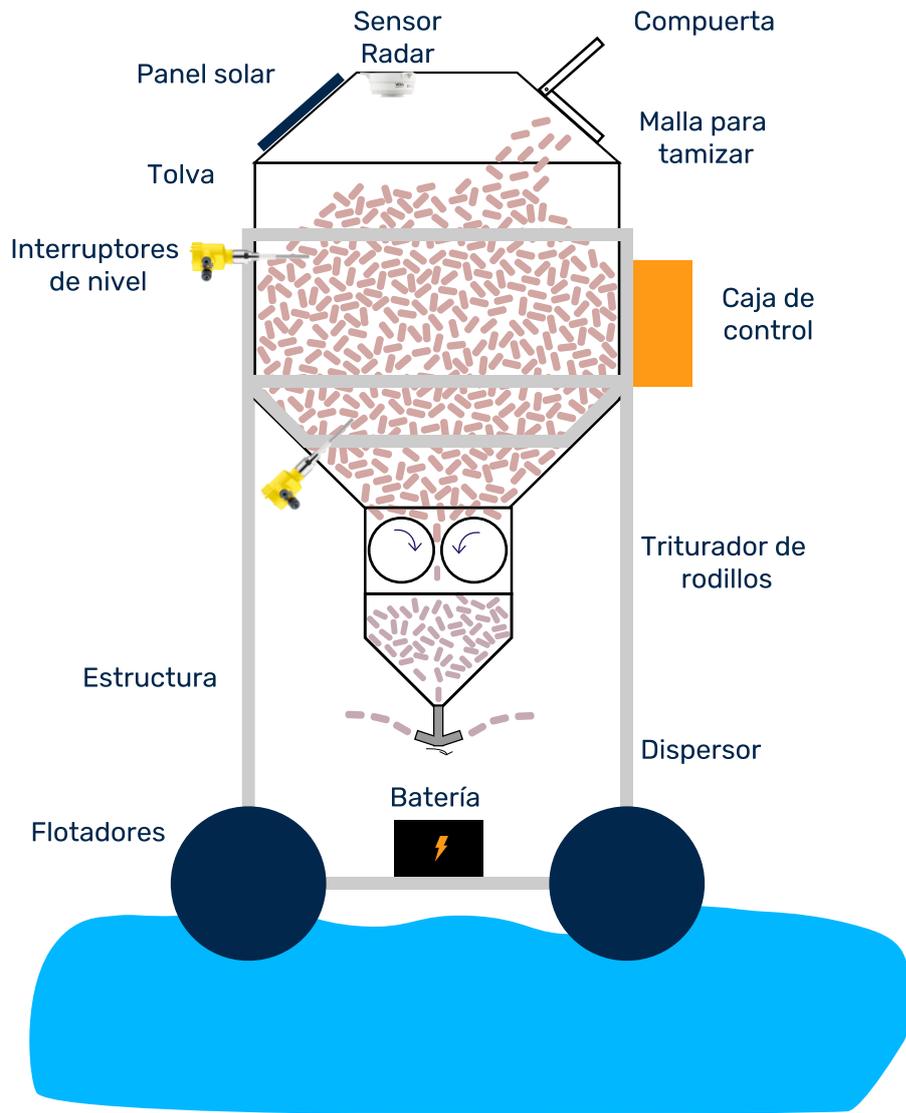


Figura 2.3 Diseño de alimentador de camarón.



Figura 2.4 Interfaz adjunta en la caja de control del alimentador.

2.8 Diseño mecánico

2.8.1 Tolvas

Se diseñaron dos tolvas con capacidades de 150 kg y 350 kg respectivamente haciendo uso de la norma UNE-EN-1991-4 2011 para silos y depósitos [41] la cual muestra la forma correcta para determinar las dimensiones de las tolvas de la figura 2.5 y generar un flujo másico constante.

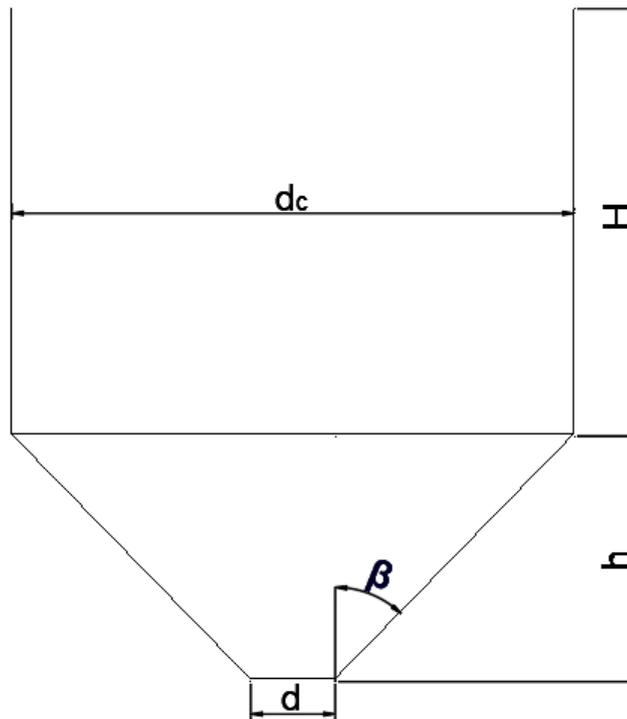


Figura 2.5 Dimensiones de tolva.

Al establecer la clase de acción 1 y la categoría D1 para ambas tolvas se puede estimar los valores de las propiedades del balanceado de camarón [Apéndice B]. Debido a que el ensayo para analizar las propiedades del balanceado de camarón es costoso y las tolvas son pequeñas, se pueden utilizar los valores del “material por defecto” de la norma UNE-EN-1991-4 2011 como se observa en la Tabla 2.5 [41].

Tabla 2.5 Propiedades de material por defecto [41].

Símbolo	Descripción	Valor
θ_m	Ángulo de rozamiento interno	35°
K_m	Coefficiente de presiones laterales.	0.50
μ_m	Coefficiente de rozamiento con la pared	0.32
θ_w	Coefficiente de referencia del sólido para cargas concentradas.	17.74°
C_{op}	Coefficiente de referencia del sólido para cargas concentradas.	1

Para determinar el ángulo de reposo se realizó un experimento con la muestra de balanceado de camarón de la marca Agripac. Las muestras tenían unas dimensiones promedio de 5 mm x 2 mm de diámetro como se puede observar en la figura 2.6 y tabla 2.6. La densidad del pellet se definió como 500 kg/m³.

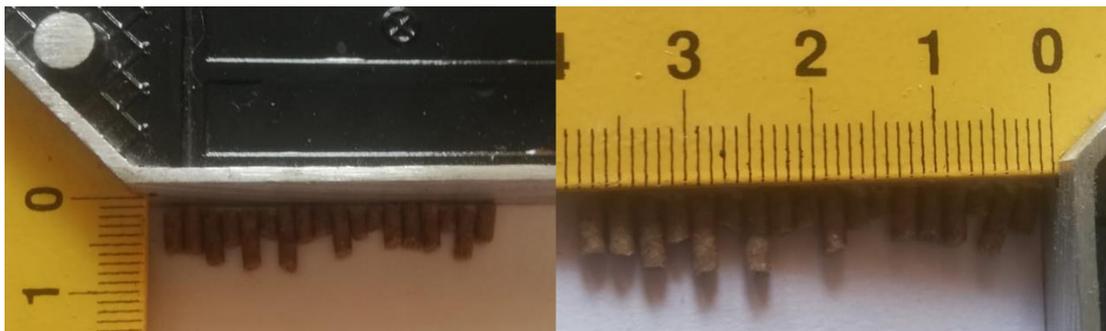


Figura 2.6 Desviación en las alturas de los pellets marca Agripac

Tabla 2.6 Propiedades de pellets marca Agripac [42]

Símbolo	Descripción	Valor
L_b	Longitud del balanceado	5 [mm]
D_b	Diámetro del balanceado	2 [mm]
ρ	Densidad del alimento	500 [kg/m ³]
γ	Peso específico	4.91 [kN/m ³]

Luego se realizó un experimento para obtener el ángulo de talud natural como se observa en la figura 2.7, con lo que se puede obtener el ángulo de descarga de la tolva por medio de la Ecuación 2.1:

$$\beta = \varnothing_r + 15^\circ \quad (2.1)$$



Figura 2.7 Estimación de ángulo de talud natural de alimento para camarón

Luego se realizaron los cálculos respectivos para determinar todas las dimensiones de la tolva que se muestran en la Tabla 2.7 basado en la norma UNE-EN-1991-4 2011 [Apéndice B].

Tabla 2.7 Dimensiones de tolvas

Símbolo	Descripción	Tolva 1	Tolva 2
C_b	Capacidad	350 [kg]	150 [kg]
\varnothing_r	Ángulo de reposo del alimento	31°	31°
β	Ángulo de descarga	46°	46°
d_c	Diámetro superior	0.95 [m]	0.87 [m]
d	Diámetro de descarga	0.15 [m]	0.15 [m]
H	Altura del cilindro	0.89 [m]	0.39 [m]
h	Altura de tolva	0.39 [m]	0.35 [m]
t	Espesor de paredes	3 [mm]	3 [mm]

2.8.2 Triturador

Debajo de la tolva se conecta un mecanismo de acero inoxidable capaz de disminuir el tamaño de grumos que puedan llegar a atascar el sistema, sirviendo además como válvula de control para el flujo de balanceado.

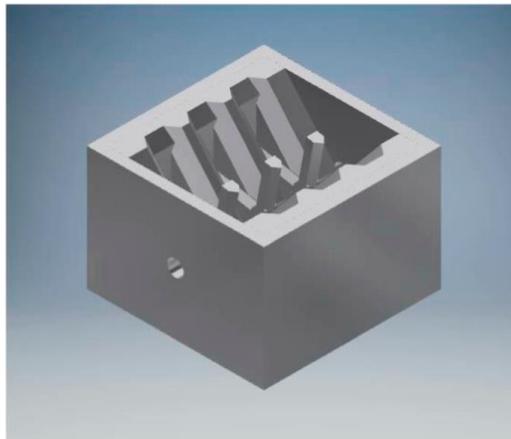


Figura 2.8 Visualización de la caja trituradora.

Donde para el interior de la caja, la caja y los trituradores se utilizará acero inoxidable para tratar alimentos, en la figura 2.9 se ve las dimensiones de la caja trituradora.

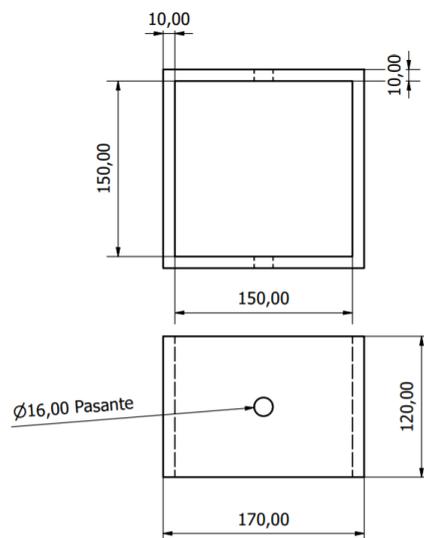


Figura 2.9 Caja de trituración, contendrá el sistema.

Para la hoja trituradora, se analizó el diseño de los trituradores de plásticos y de granos los cuales tienen un diseño metálico y se acopló a estos dos diseños que se compararon por eficiencia y flujo masico. Como en la figura 2.10.

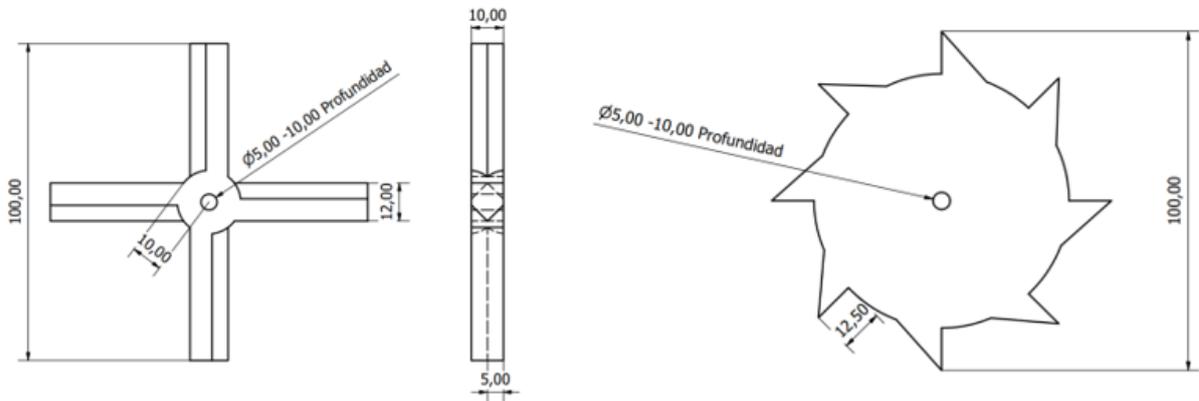


Figura 2.10 Trituradores para los grumos.

Además, se diseñó un eje para el motor y los trituradores de grumos, que se forman al haber agua en la tolva como en la figura 2.11.

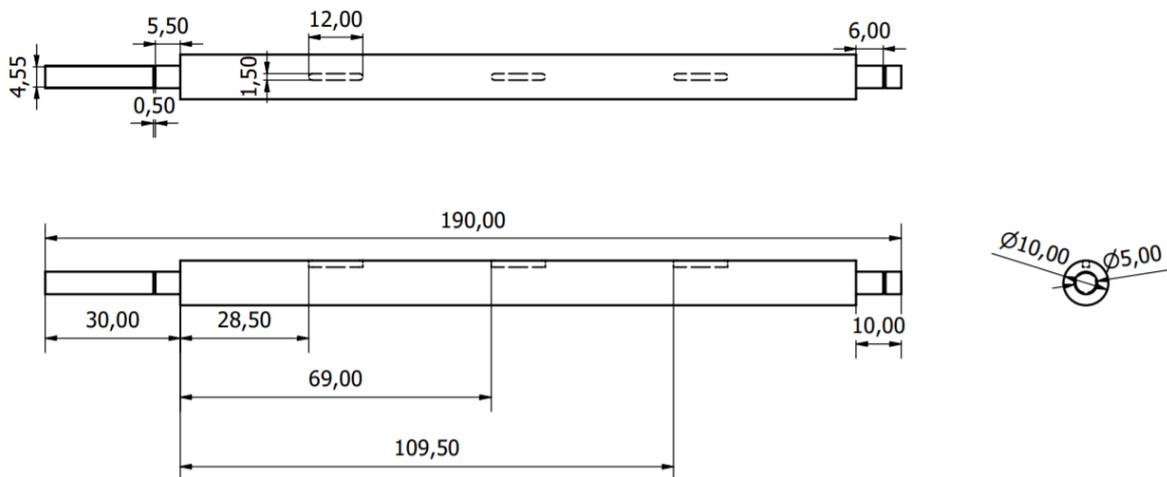


Figura 2.11 Plano del eje para el triturador, para instalar y retirar de la caja depende los rodamientos.

Para el acople de la Tolva con la caja se utilizó una brida utilizando una brida comercial de 150mm para unirla a la tolva.

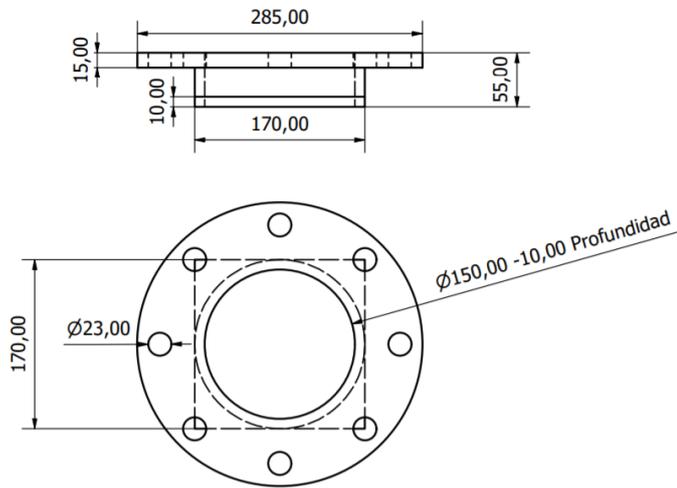


Figura 2.12 Brida para el acople de la tolva con la caja trituradora.

2.8.3 Dispensor

El dispensador modifica el área de alimentación mediante el control de velocidad de un motor, basándose en las necesidades del cliente, donde en este diseño se basó en los dispensadores comúnmente utilizados debido a que el proyecto se enfoca en mayores giros a mayores velocidades cambiando el actuador, en la figura 2.13 se ve el eje dispensador.

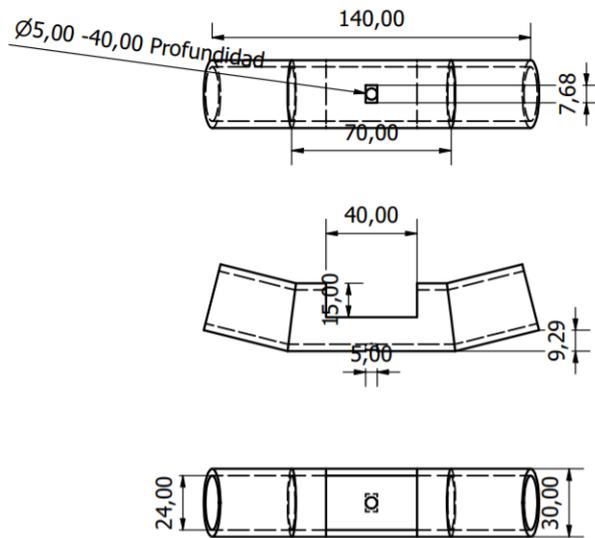


Figura 2.13 Dispensador con apertura de 5 mm para el alimentador

2.8.4 Dimensionamiento del alimentador

El diseño del alimentador de 350 Kg tiene una altura de 2.9 m y un 3.5 m x 3.5 m de superficie entre punta y punta del flotador. Por otra parte, el alimentador con la tolva de 150 Kg tiene una altura de 2.4 m y los mismos 3.5 m x 3.5 m de superficie cuadrada como se ve en el Plano 1 [Apéndices C].

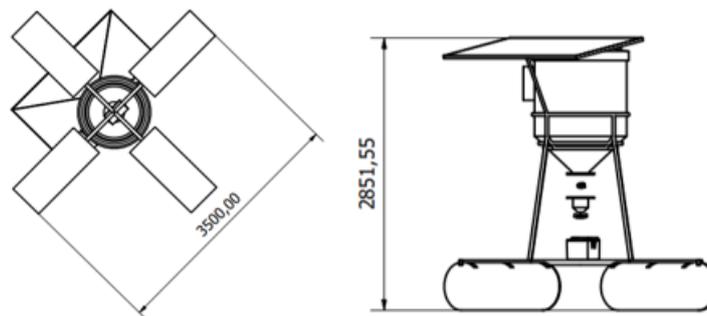


Figura 2.14 Tamaño para el alimentador con la tolva grande.

2.8.5 Análisis de cargas vivas y muertas

Primero se definieron los materiales para el análisis como se muestra en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8 Propiedades de materiales para alimentador de camarón

Propiedad	Material	Resistencia a la fluencia	Esfuerzo de tracción	Módulo de elasticidad	Densidad
Tolva	PEEK	90 [MPa]	80 [MPa]	3.8 [GPa]	1.3 [g/cm ³]
Dispensor					
Triturador	Acero inoxidable	250 [MPa]	540 [MPa]	193 [GPa]	8 [g/cm ³]
Estructura	Acero galvanizado	207 [MPa]	345 [MPa]	200 [GPa]	7.85 [g/cm ³]

Para la estimación de cargas muertas se analizó la tolva con capacidad de 350 kg ya que es la que mayor peso genera. La tapa de la tolva se diseñó con una

inclinación de 10° respecto a la horizontal acorde al rango de ángulos para un alto rendimiento del panel solar, ver figura 2.15.

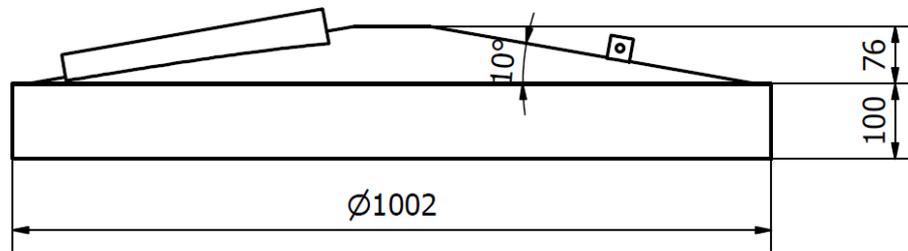


Figura 2.15 Tapa de tolva con capacidad 350 kg.

La estructura se diseñó con perfiles cuadrados de 2" x 2" para la base y perfiles circulares Ø1" para el resto como se observa en la figura 2.16.

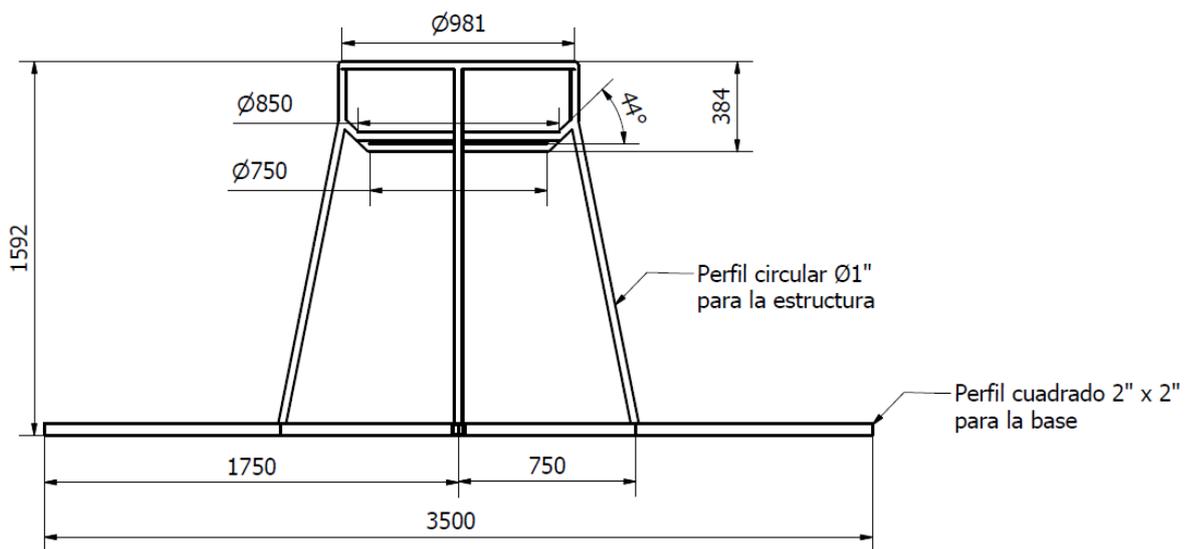


Figura 2.16 Estructura del alimentador.

Por medio del software Inventor se calculó el volumen de cada elemento para posteriormente analizar sus pesos como se muestran en la Tabla 2.9. Para otros elementos pequeños se realizó una estimación.

Tabla 2.9 Cargas muertas del alimentador.

Elemento	Carga [N]
Panel solar 300W	265
Tapa de tolva	48
Tolva	164
Triturador	272
Dispensor	15
Caja electrónica	150
Batería	200

En el caso de las cargas vivas se definieron los 350 kg por alimento de camarón y 100 kg por el peso de un operario de mantenimiento como se observa en la Tabla 2.10.

Tabla 2.10 Cargas vivas del alimentador.

Elemento	Carga [N]
Alimento de camarón	3434
Operario de mantenimiento	981

2.8.6 Soporte de panel solar

La base de soporte para el panel solar se diseñó con ángulo 1" x 1" de acero galvanizado. La base está unida a la tapa de la tolva y a la estructura.

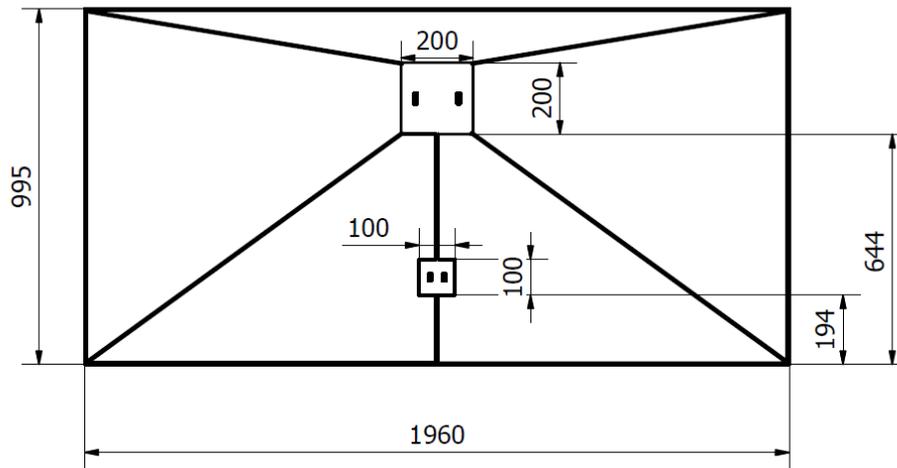


Figura 2.17 Segundo plano del alimentador.

2.8.7 Flotadores

Para la selección de flotadores se sumaron las cargas vivas y muertas, así como también la carga de la estructura la cual se muestra en la Tabla 2.11 dando un total de 6.339 N.

Tabla 2.11 Resumen de las cargas muertas y vivas en el alimentador.

Elemento	Carga [N]
Cargas vivas	1114
Cargas muertas	4415
Soporte para panel solar	130
Estructura	680
Total	6339

La carga total será distribuida por 4 flotadores por lo que cada flotador recibe una carga de 1585 N.

2.9 Diseño electrónico y eléctrico

En el diseño eléctrico y electrónico se realizó un esquema de control por dosis y envío de medidas en la pantalla LCD como se ve en la figura 2.18.

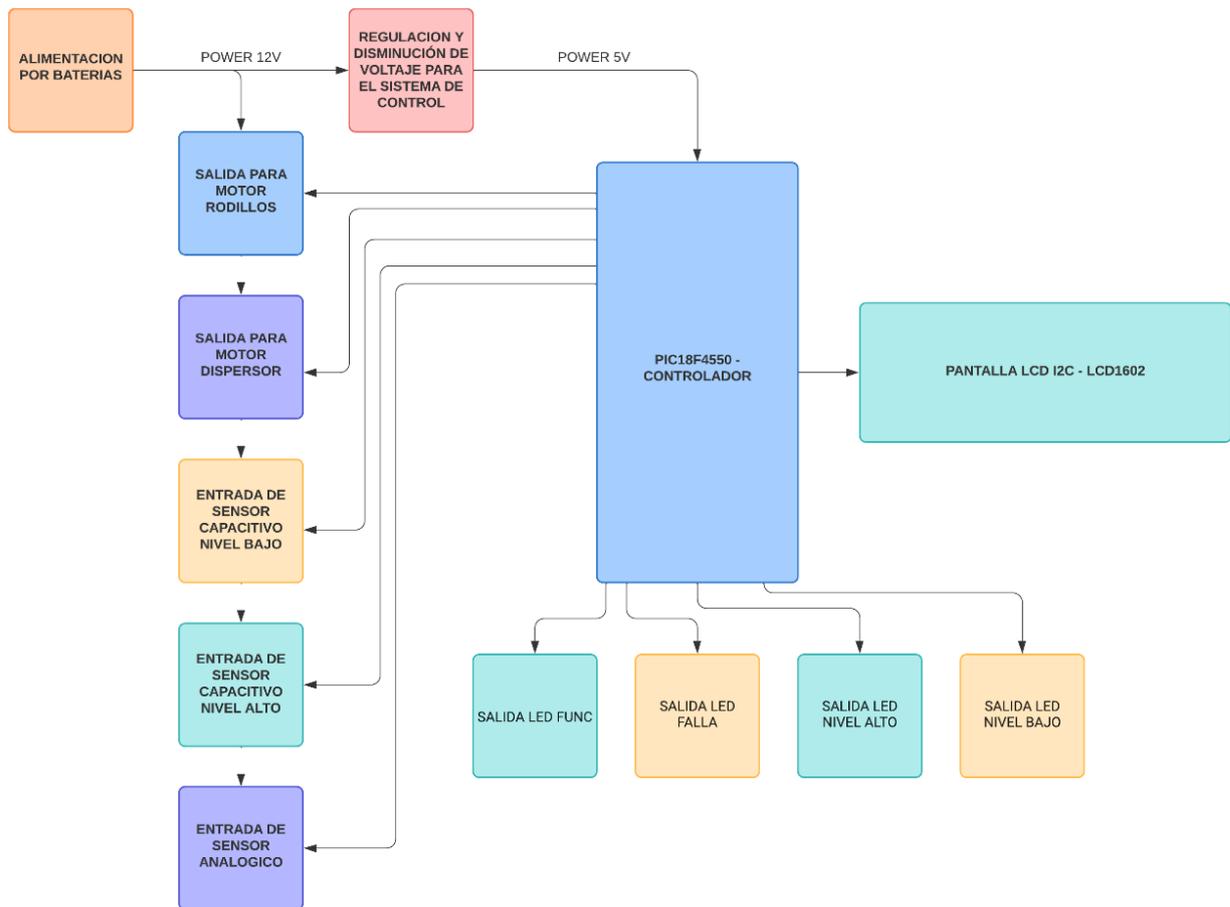


Figura 2.18 Diagrama de bloques para el sistema electrónico del alimentador.

En este sistema las baterías de 12V son disminuidas y reguladas a 5V con el fin de dirigirse al controlador del alimentador, el cual envía datos por dosis sobre el nivel del alimento en la tolva hacia los indicadores lumínicos en la pantalla LCD facilitando a los operadores dar seguimiento al estado de la tolva.

Por ello, en el bloque de alimentación y regulación se colocaron los siguientes componentes: Batería de 12V, el LM7805, Diodo 1N4001, Capacitores de 330nF y 100nF.

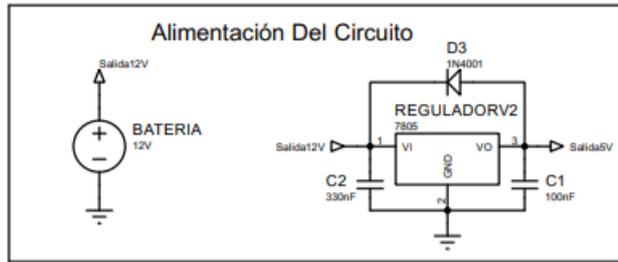


Figura 2.19 Circuito de alimentación y regulación.

En el siguiente circuito se tendrán a los sensores capacitivos, el sensor analógico y resistores para un divisor de voltaje si se conecta a 12V.

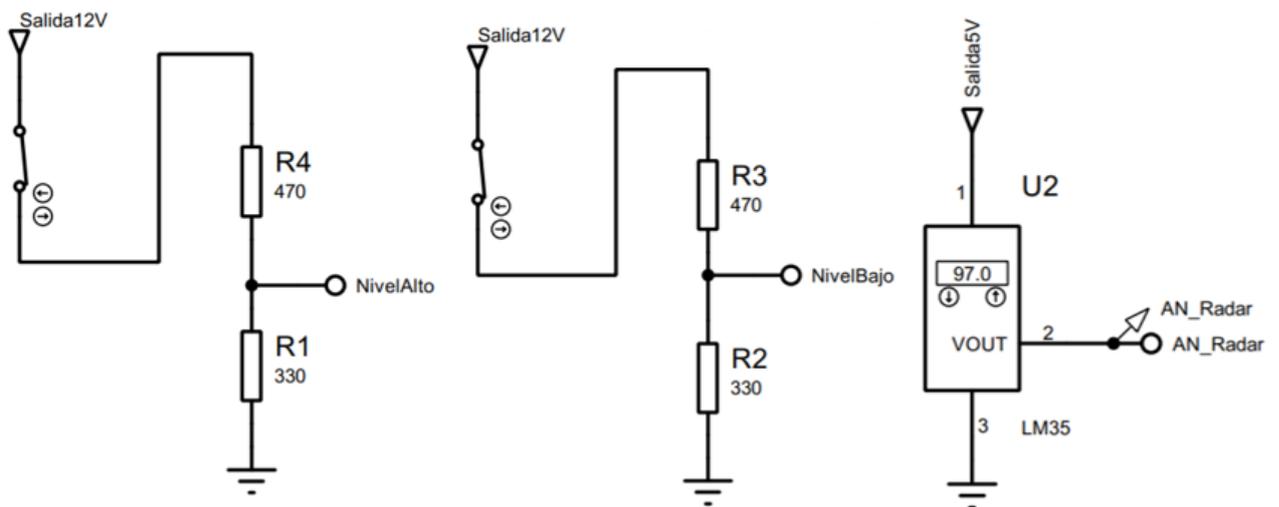


Figura 2.20 Representación de sensores capacitivos y analógico

Para el circuito del Controlador se agregó un oscilador de 20MHz, capacitores de lenteja de 22pF, puertos de entradas y salidas para los sensores y actuadores y como último, un botón de reinicio.

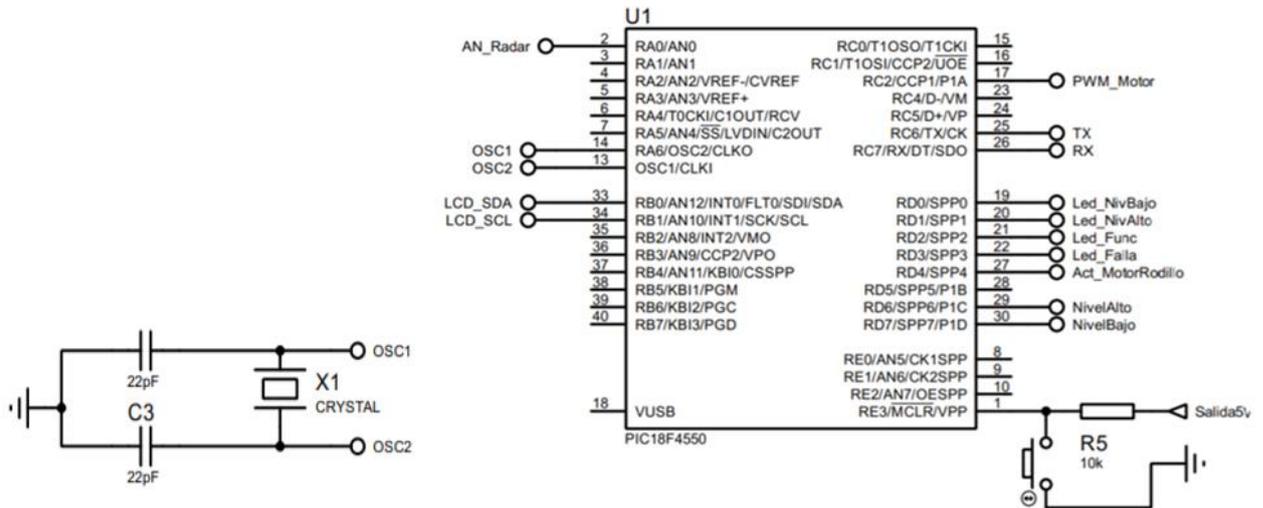


Figura 2.21 Circuito del controlador PIC18F4550

Como salida hay una pantalla LCD que muestra el nivel de tolva con un controlador externo de I2C para utilizar solo dos puentes en el controlador.

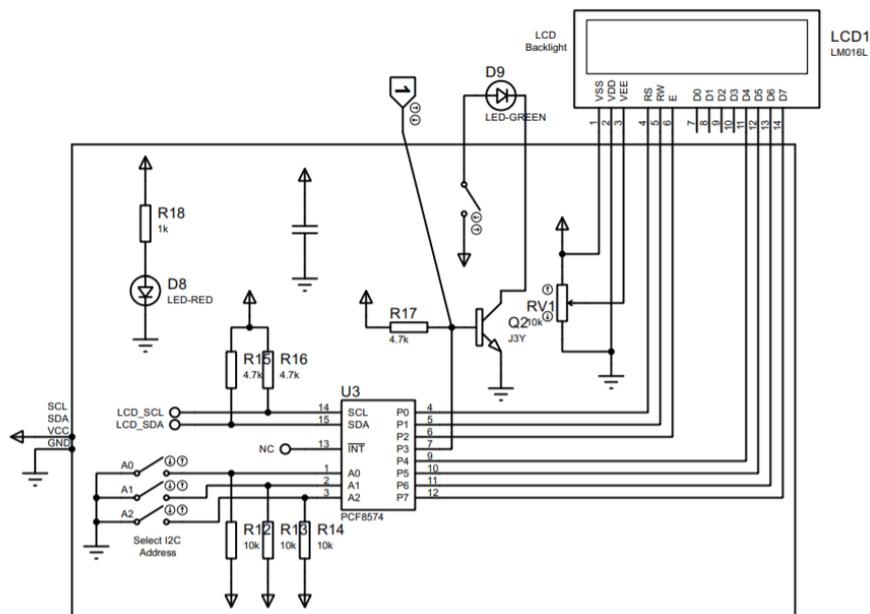


Figura 2.22 Circuito de pantalla LCD 1602

Adicionalmente, se tiene 4 Focos Leds indicadores de estados. Se planteó utilizar transistores de potencia para admitir focos de autos que permitieran mayor iluminación. Los componentes serían los transistores TIP120 y resistores de 1/4W.

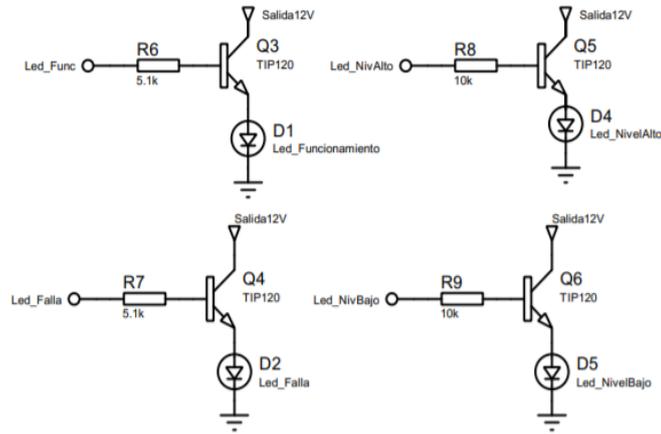


Figura 2.23 Circuito de salida de leds de 12V con el TIP120

Para los cálculos de los transistores en los leds, se tomó de ejemplo dos tipos de focos los de 12V de 5 y 10 W.

$$833mA = 1000IB_1 \rightarrow IB_1 = 0.833mA \quad (2.2)$$

$$417mA = 1000IB \rightarrow IB_2 = 0.417mA \quad (2.3)$$

$$5V - 0.7V = 0.833mA * RB_1 \rightarrow RB_1 = \frac{5V-0.7V}{0.833mA} = 5162.065\Omega = 5.1k\Omega \quad (2.4)$$

$$5V - 0.7V = 0.417mA * RB_2 \rightarrow RB_2 = \frac{5V-0.7V}{0.417mA} = 10311.751\Omega = 10k\Omega \quad (2.5)$$

Para el ultimo bloque del circuito son los motores que se usaron para la dispersión del balanceado y el rodillo triturador, donde según el consumo del motor seleccionado se realizó el cálculo de la resistencia.

$$\begin{cases} 1.5A = 1000IB \\ IB = 0.0015 \end{cases} \quad (2.6)$$

$$RB = \frac{5-0.7}{0.0015} = 2866.7\Omega \rightarrow 3.3k\Omega \quad (2.7)$$

Para el motor de dispersión se utilizará PWM con la siguiente tabla de cálculos para que el microcontrolador genere una onda cuadrada con una frecuencia definida en la tabla 2.12 [43].

Tabla 2.12 Tabla de PWM para el motor dispersor

PR2	PRE (Divisor)	F_{PWM}	F_{PWM} , OSC: 20MHz
255	1	$F_{OSC} / 1024$	19.75 KHz
	4	$F_{OSC} / 4096$	4.88 KHz
	16	$F_{OSC} / 16384$	1.22 KHz

De manera que el diagrama quede tal como se ilustra en la figura 2.24.

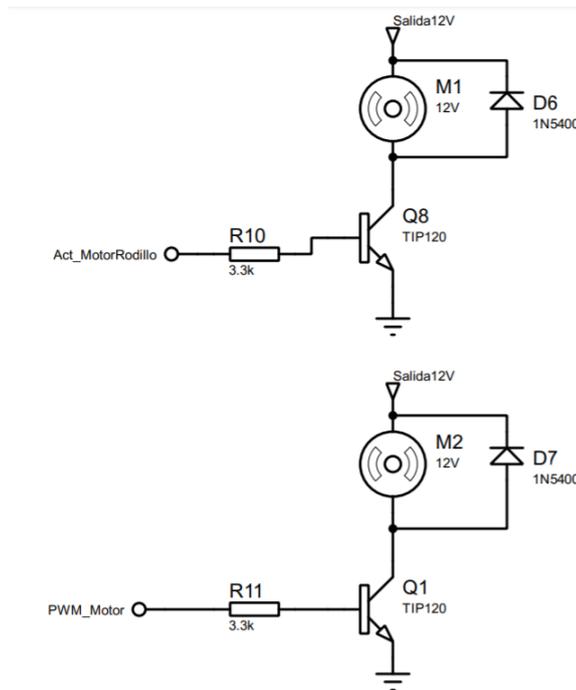


Figura 2.24 Circuitos para los motores.

Tomando en cuenta un control de dispersión a lazo abierto en el programa PIC C compiler, se hizo el siguiente esquema de código de control para el controlador.

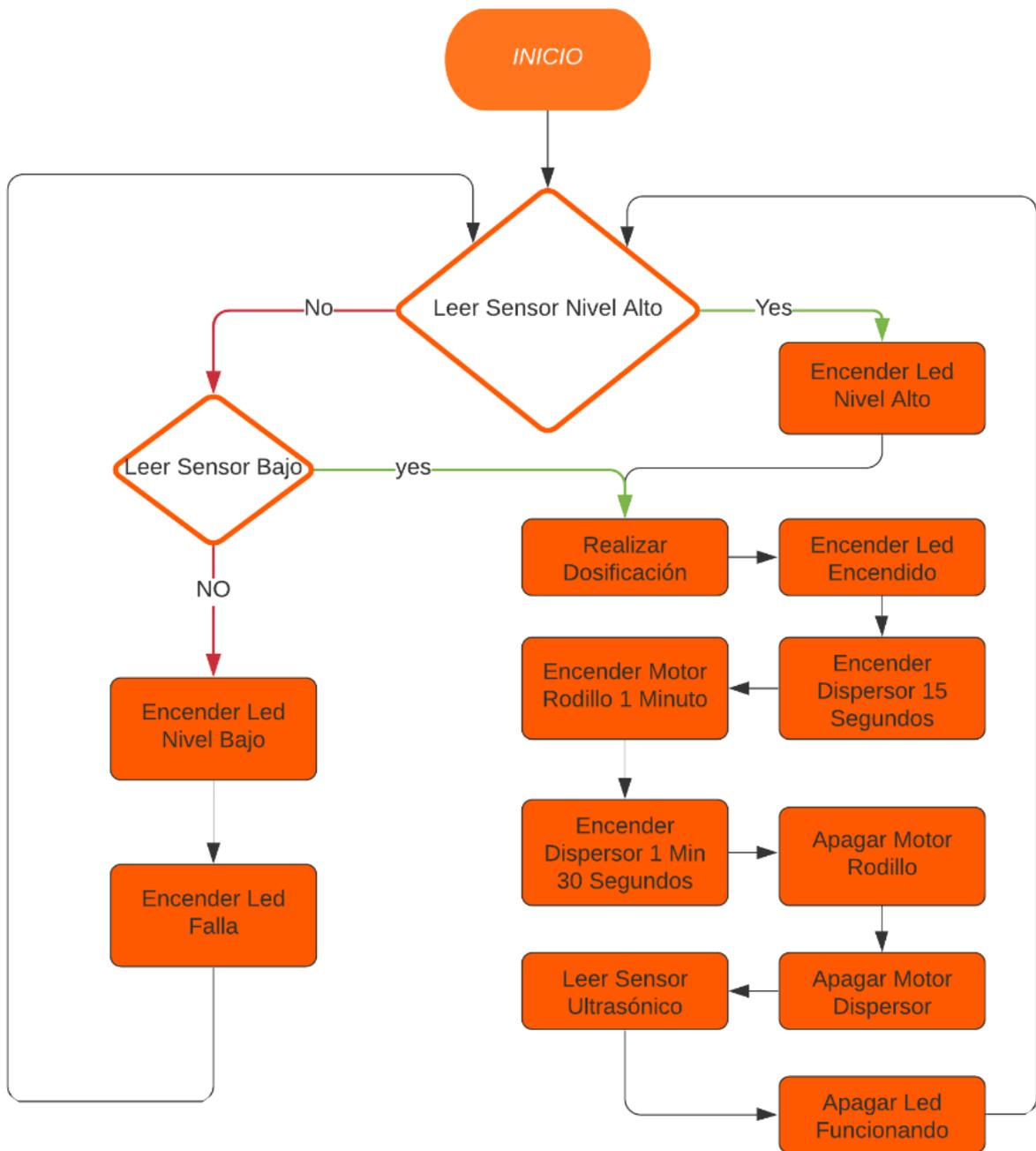


Figura 2.25 Diagrama de flujo de la programación.

Para finalizar el diseño electrónico se realizó la PCB del sistema, ilustradas en las figuras 2.26 y 2.27.

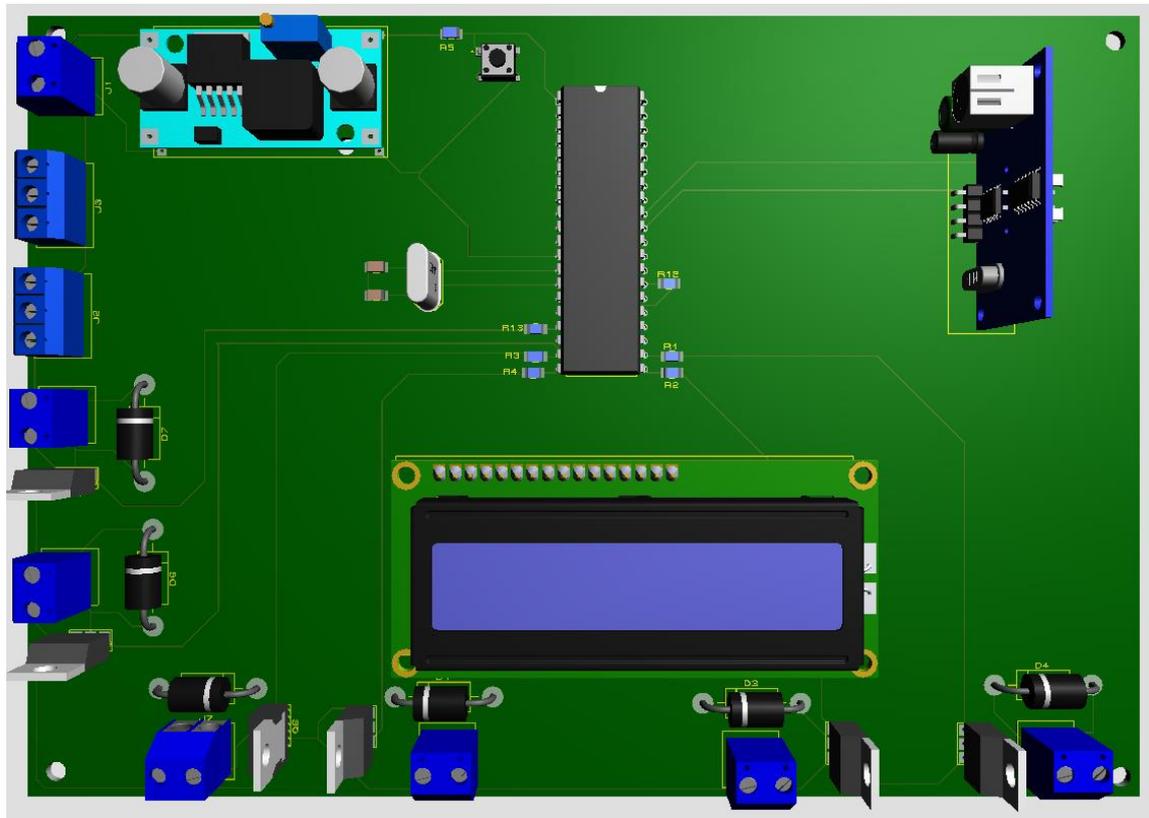


Figura 2.26 PCB diseñada a partir del diagrama esquemático de la propuesta



Figura 2.27 Vista frontal de la placa PCB con la caja de control.

2.9.1 Cálculos para la batería y el panel solar

Para obtener el valor de consumo total de corriente del alimentador se consideró el consumo individual de cada componente encendido, con lo cual se obtuvo que, con una batería de 64Ah a 12V se puede abastecer un día completo con poca necesidad de carga del panel.

Tabla 2.13 Consumo eléctrico de la PCB.

Componente	Cantidad	Corriente [A]
PIC18F4550	1	0.25
Sensores capacitivos	2	0.16
Sensor analógico	1	0.02
Pantalla LCD	1	0.1
Consumo LED 12V	2	1.68
Motor rodillo	1	2.5
Motor dispersor	1	1.5
Consumo 24 horas Ah		53.04 Ah
Consumo de motores / 100 dosis Ah		6.67 Ah
Consumo total		60 ah

Mediante información recopilada en NASA POWER, se realizó un análisis basado en el promedio de radiación por metro cuadrado registrado desde 1981 hasta el año 2020, en una latitud cercana a la localidad Virgen de Fátima (zona de camaroneras), en cual se obtuvo que, se puede generar, con un panel de 300 W a 12 V la siguiente potencia y corriente [44]:

Tabla 2.14 Valores promedio desde 1981 hasta 2020

Parámetro	Valor
Temperatura	21.06 °C
Radiación	4.19 kW/m2

Tabla 2.15 Valores estándar para un panel de 300W genérico

Parámetro	Valor
VPMAX_STC	36.20 V
IPMAX_STC	8.28 A
VOC_STC	45 V
ISC_STC	9.13A
TEMP_STC	25 °C
NOCT	45 °C
TEMP_COEF_ISC	0.03 °C
TEMP_COEF_IMP	-0.02 °C
TEMP_COEF_VOC	-0.30 °C
TEMP_COEF_VMP	-0.43 °C
TEMP_COEF_PMAX	-0.38 °C

$$TemperaturaCeld = TempProm + ((45 - 20)/800) * Radiacion \quad (2.8)$$

$$DeltaT = TemperaturaCeld - 25 \quad (2.9)$$

$$Voc = 12 * (1 + (0.43/100) * DeltaT) \quad (2.10)$$

$$Vmp = 24 * (1 + ((-0.38)/100)) * DeltaT \quad (2.11)$$

$$ISC = ISC_STC * (1 + (TEMP_COEF_ISC/100) * DELTA_T) \quad (2.12)$$

$$FF = (VMP * IMP)/(VOC * ISC) \quad (2.13)$$

Tabla 2.16: Valores obtenidos del panel

Parámetro	Valor
Temperatura Panel	34.16 °C
Voltaje Circuito Abierto	43.76 V
Voltaje Potencia Máx.	34.77 V
Corriente Corto Circuito	9.16 A
Corriente Potencia Máx.	8.26 A
Factor de Uso	0.72
Potencia Generada	287.41 W

Por ende, el panel genera 287 W de los 300, debido a la alta radiación que hay en la zona, por consiguiente, se calculó la potencia generada por 4 horas donde el sol está en la mejor posición para la potencia máxima.

$$Potencia4H = 287.40876 W * 4 H = 1149.63504 Wh \quad (2.14)$$

Por lo cual, en 4 horas de sol el panel recarga de sobra la potencia que necesita el alimentador en 24 horas.

2.9.2 Características de los componentes (actuadores y sensores)

En esta sección se estudian los sensores y actuadores utilizados para el desarrollo. Para los sensores capacitivos, se utilizarán sensores industriales comunes, debido al alto costo de los sensores higiénicos, tal como se aprecia en la figura 2.28.



Figura 2.28 Ejemplo de sensor capacitivo marca WEG.

Para el sensor Analógico se optó por uno ultrasónico que supuso un menor costo que los sensores de tipo radar, un ejemplo en la figura 2.29.



Figura 2.29 Sensor ultrasónico resistente al agua JSN-SR04T

En cuanto al motor, el seleccionado es el RS-775 que es ampliamente utilizado para amoladoras, taladros y otras herramientas. Se utilizaron dos configuraciones del RS-775 para la trituradora, con un GearBox GMP42 de tipo Planetario, permitiendo un cambio 1:15 [45].



Figura 2.30 Motor RS-775 GMP42 para la trituradora.

Por otra parte, para la dispersión, se planteó utilizar la configuración sin GearBox para obtener mayor velocidad en los 12V, como se ilustra en la figura 2.31 [46].

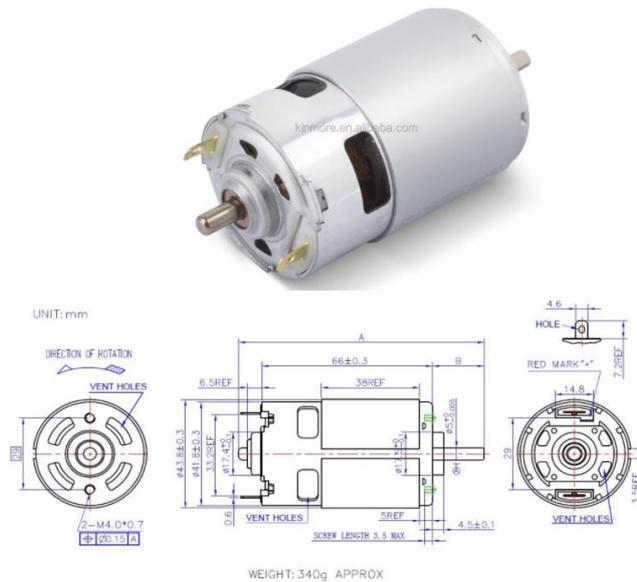


Figura 2.31 Motor RS-775

Por último, se utilizarán luces LED de 12V, como los ilustrados en la figura 2.32, para la indicación de señal en color rojo y verde para la caja de control. Se llegó a esta decisión enfocados en emitir una señal que pueda visualizarse a grandes distancias.



Figura 2.32 Foco led utilizado en vehículos de la marca IJDM.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se mostrará el diseño 3D final del prototipo para alimentador de camarón, análisis de resultados obtenidos en las pruebas hechas por programas de simulación, y un reporte de costos para el alimentador.

3.1 Comparación de materiales para tolvas

Por medio de la norma UNE-EN-1991-4 2011 para silos y depósitos [41] se estimaron las presiones de carga y descarga en el silo según la figura 3.1. Para silos poco esbeltos las cargas de descarga simétricas se consideran iguales a las de llenado. Los valores obtenidos se muestran en la Tabla 3.1.

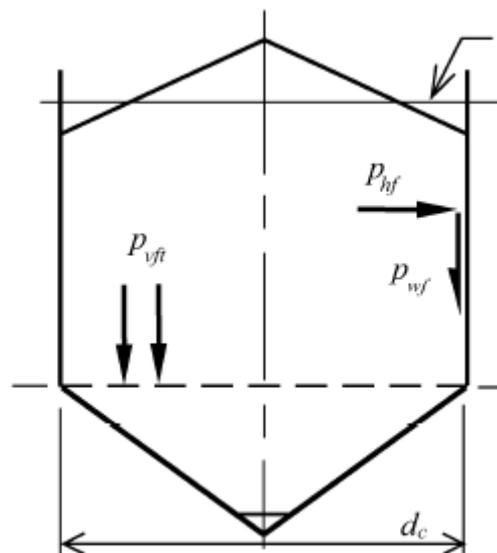


Figura 3.1 Presiones en el silo

Tabla 3.1 Presiones de carga y descarga sobre las paredes del silo

Símbolo	Descripción	Tolva 1	Tolva 2
p_{hf}	Presión horizontal sobre las paredes	1.72 [kPa]	0.85 [kPa]
p_{wf}	Presión de rozamiento sobre las paredes	0.55 [kPa]	0.27 [kPa]
p_{vft}	Presión vertical	3.09 [kPa]	1.60 [kPa]

Luego se determinaron las presiones de carga y descarga sobre la tolva según la figura 3.2. Para silos poco esbeltos las cargas de descarga simétricas se consideran iguales a las de llenado. Los valores obtenidos se muestran en la Tabla 3.2.

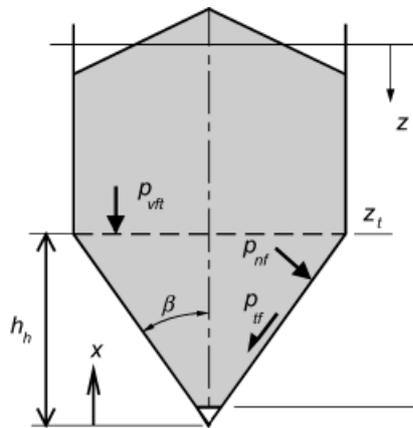


Figura 3.2 Presiones en la tolva

Tabla 3.2 Presiones de carga y descarga sobre la tolva

Símbolo	Descripción	Tolva 1	Tolva 2
p_{nf}	Presión normal a la pared	4.12 [kPa]	2.24 [kPa]
p_{tf}	Presión de tracción por rozamiento	0.99 [kPa]	0.54 [kPa]
p_v	Presión vertical en el sólido	4.22 [kPa]	2.29 [kPa]

Entonces se calcularon los esfuerzos admisibles del material de las tolvas como se muestra en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Presiones de carga y descarga sobre la tolva

Símbolo	Descripción	Valor
σ_t	Esfuerzo de tracción	66.36 [kPa]
σ_f	Resistencia a la fluencia	12.10 [kPa]

Luego en la Tabla 3.4 se realizó la comparación con las propiedades de tres materiales comunes en la industria de recipientes plásticos para alimentos.

Tabla 3.4 Propiedades de los materiales

Símbolo	Descripción	PEEK	ABS	Polipropileno
σ_t	Esfuerzo de tracción	70 - 100 [MPa]	27 - 55 [MPa]	31 - 45 [MPa]
σ_f	Resistencia a la fluencia	87 - 95 [MPa]	18 - 51 [MPa]	12 - 43 [MPa]

Por tanto, es posible utilizar cualquiera de los tres materiales mencionados debido a que superan en gran medida los esfuerzos admisibles para las tolvas.

3.2 Flotadores

Los cuatro flotadores escogidos son circulares y están hechos de ABS, como se muestra en la figura 3.3, y soportan un peso de 1585 N cada uno.

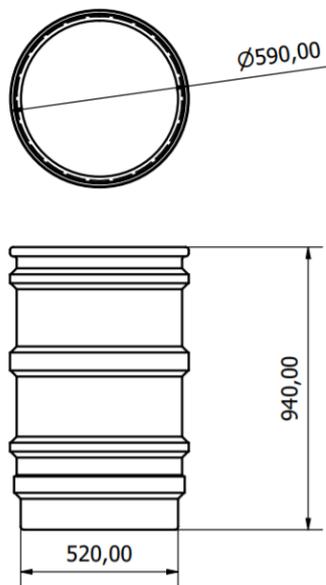


Figura 3.3 Flotador para el alimentador con tamaño comercial.

3.3 Análisis estático y dinámico para el alimentador

Para el análisis de fatiga se definió el PEEK como material para la tolva y el dispersor. Luego se analizaron los elementos principales del alimentador de la figura 3.4 mediante el software Inventor.

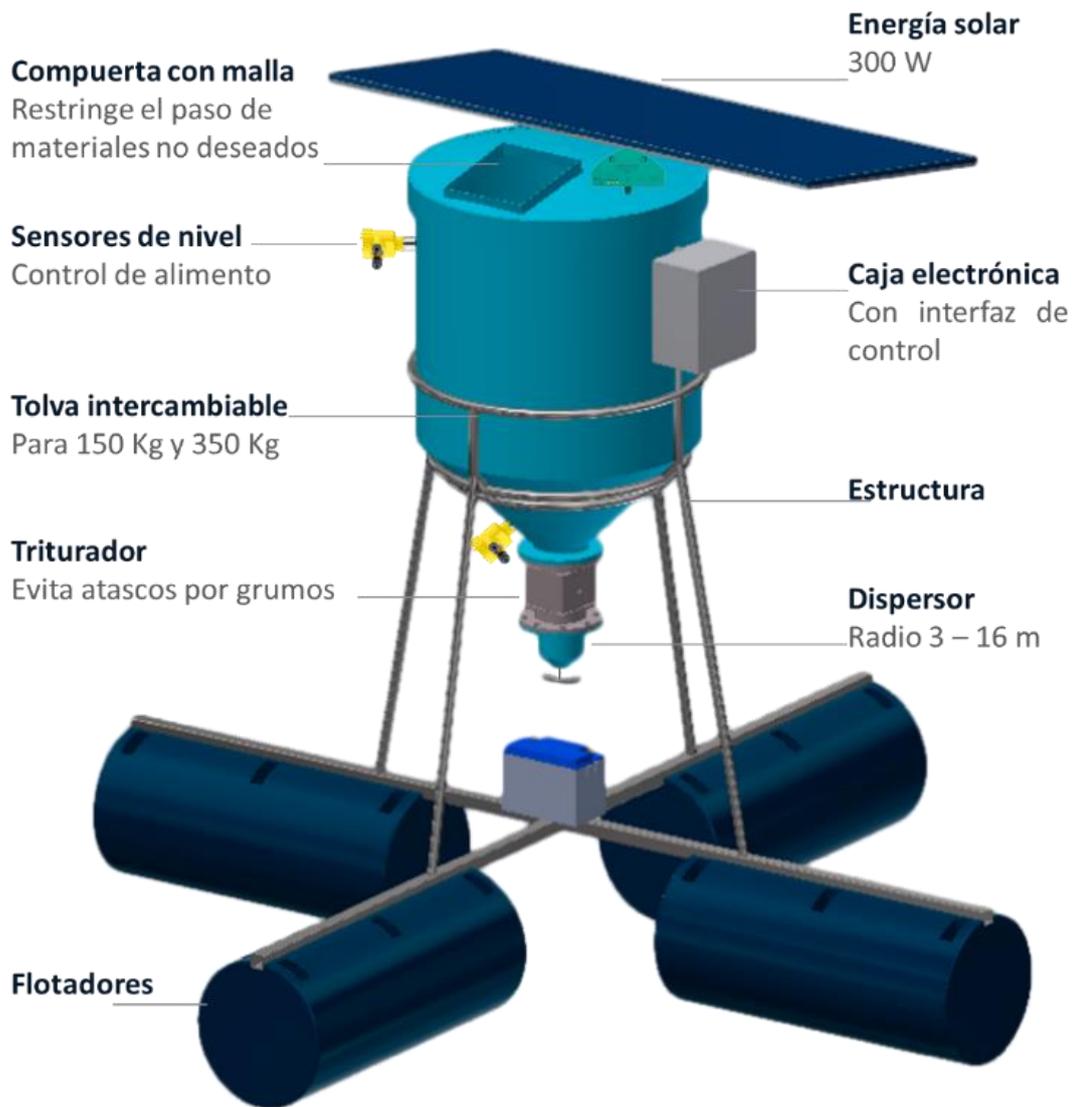


Figura 3.4 AACA con sus componentes respectivos.

Los componentes analizados son los que más fatiga y carga pueden sufrir en todo el sistema. Comenzando con el eje del triturador.

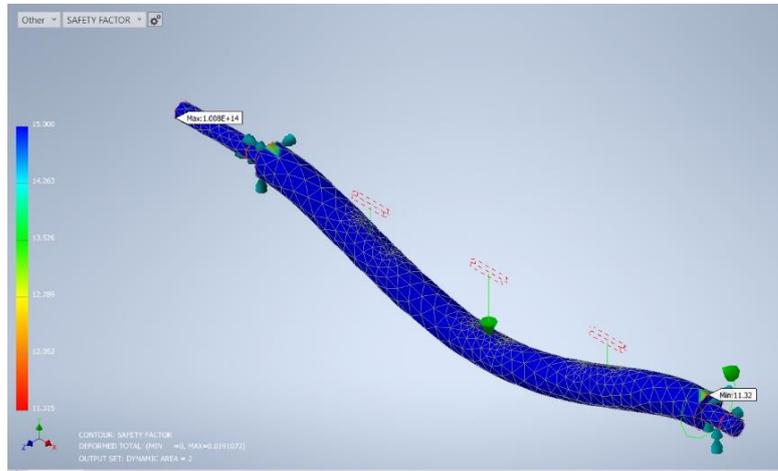


Figura 3.5 Análisis del eje del triturador.

Donde los puntos importantes del análisis son la carga de von Mises, Factor de seguridad, contorno de vida por fatiga y desplazamiento.

Tabla 3.5 Tabla de resumen de análisis estático y dinámico del eje.

Descripción	Valor
Esfuerzo Von Mises	26 [MPa]
Factor de Seguridad	15
Contorno de Vida	1.E+10
Desplazamiento Max	0.019 mm

Como segundo análisis se hizo una prueba de trituración con impresiones 3D donde probando con grumos el ganador fue el triturador 2, utilizado en trituradores para plásticos.

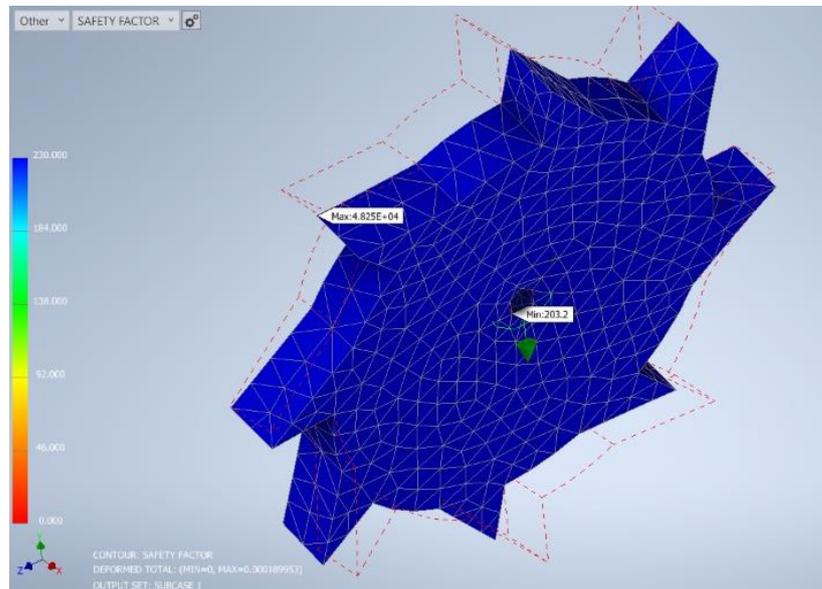


Figura 3.6 Triturador siendo analizado en Inventor Nastran

Así mismo, se adjunta la tabla de resumen correspondiente en la tabla 3.6.

Tabla 3.6 Resumen del triturador.

Descripción	Valor
Esfuerzo Von Mises	0.0211 [MPa]
Factor de Seguridad	1000
Contorno de Vida	1.E+10
Desplazamiento Max	0.0000039 mm

Para la estructura del alimentador se implementó como carga el peso completo de la tolva grande más un operador.

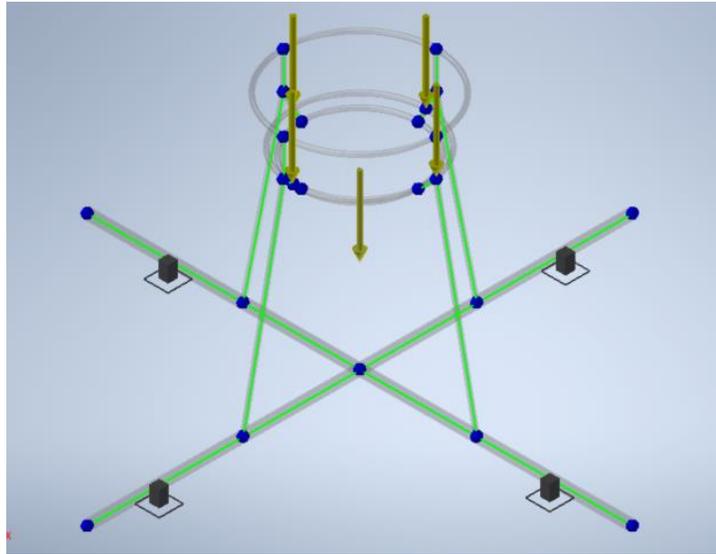


Figura 3.7 Estructura con el análisis de la estructura

Donde con una tabla 3.7 se obtuvieron los siguientes valores.

Tabla 3.7 Resumen de la estructura.

Descripción	Valor
Esfuerzo Von Mises	5 [MPa]
Factor de Seguridad	15
Contorno de Vida	1.E+10
Desplazamiento Max	0.69

En la figura 3.8 se aprecia la Tolva 1, de 350 Kg, seleccionada tras un análisis comparativo entre las tolvas 1 y 2.

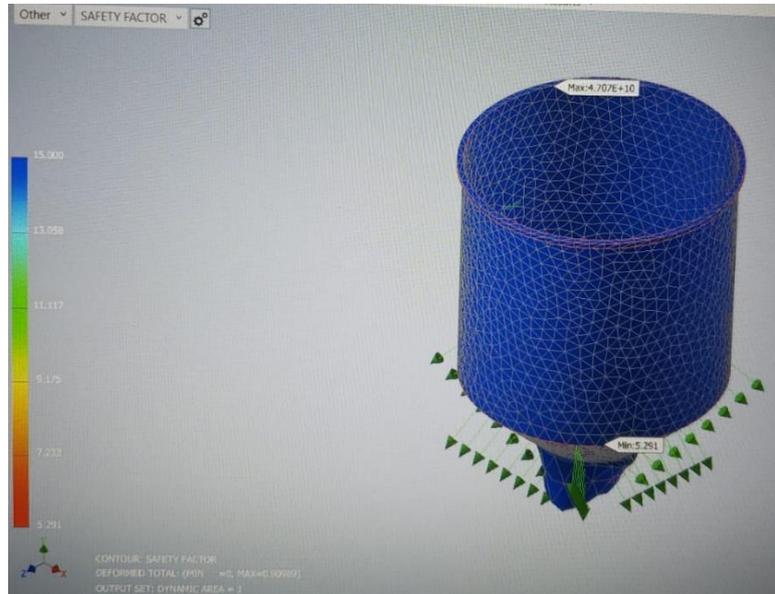


Figura 3.8 Tolva con capacidad de 350 Kg

Y las tablas para ambas tolvas fueron estas.

Tabla 3.8 Resumen para tolvas

Descripción	Tolva 1	Tolva 2
Esfuerzo Von Mises	0.3 [MPa]	0.014 [MPa]
Factor de Seguridad	400	1400
Contorno de Vida	1.E+10	1.E+10
Desplazamiento Max	0.092 [mm]	0.0003 [mm]

Por lo tanto, se determinó que cada elemento diseñado cumple con las expectativas planteadas, además se estableció un factor mínimo de seguridad de 5.35, tal como se observa en la tabla 3.9.

Tabla 3.9 Resumen del análisis estático y dinámico.

Elemento	Factor de seguridad	Cantidad de ciclos
Base panel solar	15	1.E+10
Tapa de tolva	30	1.E+10
Tolva	5.35	1.E+10
Paleta del triturador	203.2	1.E+10
Eje del triturador	11.3	1.E+10
Dispensor	400	1.E+10
Estructura	15	1.E+10

Para la parte electrónica se tuvo las pruebas del circuito en protoboard, pruebas de trituración y pruebas de PWM vs la dispersión.

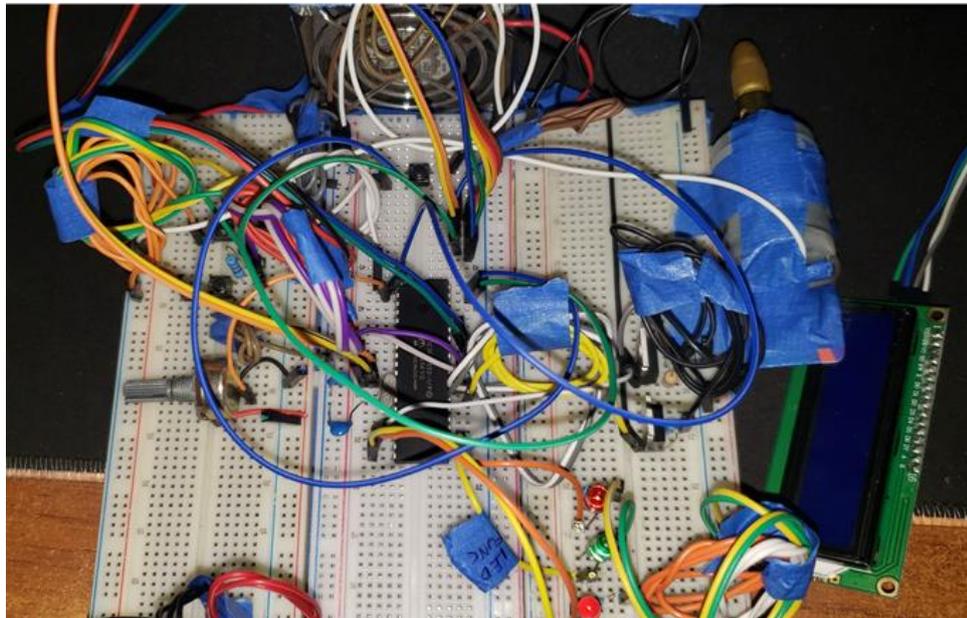


Figura 3.9 *Protoboard* implementada para la interfaz.

Para las pruebas, se realizó un circuito basado en el obtenido mediante el software Proteus, en donde se evidenció un funcionamiento correcto con el PIC. Sin embargo, debido a que no se puede reescribir el código, se realizaron varias simulaciones hasta obtener buenas cantidades de flujo másico constante. Adicionalmente, para evitar atascamientos, se configuró el circuito para activar el motor del dispensador antes y después de la dosificación.

Tras las pruebas de voltajes, velocidad de motor y calentamiento en los componentes, se hizo un cambio en la parte de alimentación y regulación, se cambió el LM7805 por un Circuito Step-Down LM2596 con el fin de alcanzar temperaturas más bajas y, por consiguiente, mayor eficiencia.

Se imprimieron piezas para simular la trituración y la dispersión del alimentador, además, se formaron 12 grumos de pellet de 2mm y agua para simular un atascamiento real. Como resultado se obtuvo que las piezas usadas, a pesar de ser de plástico y no de metal, tienen la capacidad de triturar y dispersar 10 de los 12 grumos formados.



Figura 3.10 Impresiones en 3D

Con las pruebas de dispersiones realizadas, con materiales impresos en 3D, se obtuvo una dispersión que cumple con el objetivo a velocidades inferiores a las inicialmente propuestas resultando en una dispersión con un alcance de 3 metros de diámetro usando el 30% del Duty Cycle y de 7 metros de dispersión con el 100%, por lo tanto, de agrandarse las dimensiones del dispersor mientras se mantiene el motor propuesto, el RS-775, se puede alcanzar una dispersión de mayor radio.

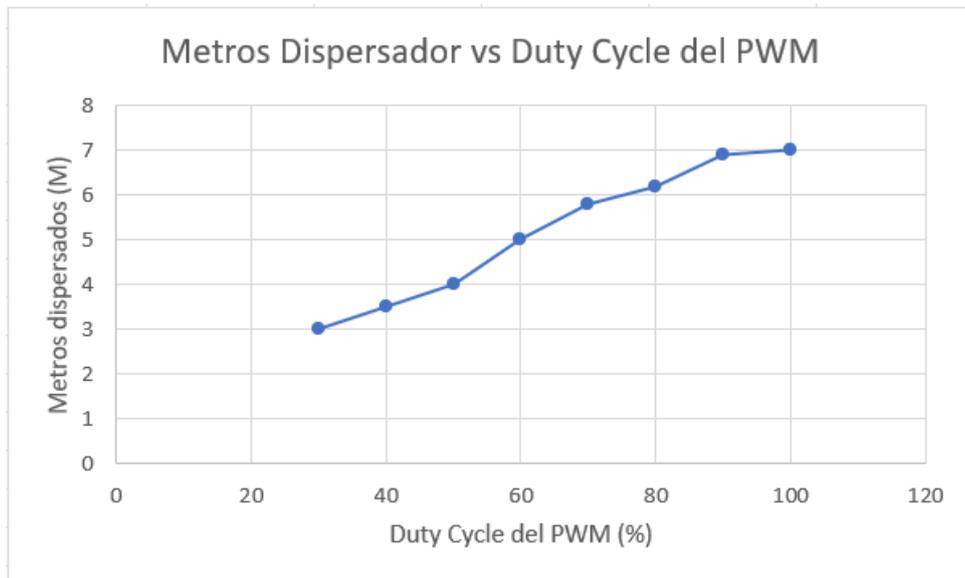


Figura 3.11 Gráfico de radio de dispersión vs Duty Cycle usando PWM

3.4 Análisis de costos

Se calculó el costo de producción para el diseño del alimentador de camarón, para ello se analizaron los componentes electrónicos, eléctricos, mecánicos, sensores y actuadores (Tabla 3.10 a Tabla 3.13).

Tabla 3.10 Costos para componentes electrónicos y eléctricos

Número	Componente	Cantidad	Precio (\$)
1	LCD LM019L controlador I2C PCF8574	1	\$ 8.00
2	PIC18F4550	1	\$ 10.00
3	Resistores 10K 1/4 W	20	\$ 2.00
4	Resistores 1K 1/4 W	20	\$ 2.00
5	Oscilador 20 MHz	1	\$ 1.00
6	Capacitores 22pF.2	20	\$ 1.00
7	Capacitores 22pF.1	10	\$ 1.00
8	Regulador de voltaje Step-Down LM2596	1	\$ 6.00
9	Bornera conexión.7	7	\$ 1.00
10	Diodos protectores 1NS400	6	\$ 6.00
11	Botones	1	\$ 2.00
12	Resistores 5.1k *2 1/4	20	\$ 2.00
13	Resistores 3.3k*2 1/4	20	\$ 2.00
14	Transistores TIPI20.4	4	\$ 6.00
15	Transistores IWFZ44N.2	2	\$ 4.00
16	PCB	1	\$ 0.50
17	ENVIO PCB (3 MESES)	1	\$ -
Total			\$ 54.50

Tabla 3.11 Costos para componentes mecánicos

Número	Componente	Cantidad	Precio (\$)
1	Tubo cuadrado 50mmX3mm	2	\$ 60,00
2	Tubo redondo 30mm X 3mm	5	\$ 55,00
3	Pernos y tuercas M8 para flotadores	12	\$ 15,00
4	Flotadores	4	\$ 5,00
5	Electrodos SO-GALV	1Kg	\$ 40,00
6	Tolva	1	\$ 200,00
7	Trabajo de taller mecánico + soldador	1 Dia	\$ 300,00
Total			\$ 675,00

Tabla 3.12 Costos para sensores y actuadores

Número	Componente	Cantidad	Precio (\$)
1	Sensor capacitivo 6V Ljc18a3-b-z/b	2	\$ 35,00
2	Sensor ultrasónico distancia impermeable Jsn-sr04t V3	1	\$ 25,00
3	Motor RS-775 planetary GearBox	1	\$ 25,00
4	Motor RS-775 CC	1	\$ 10,00
5	Envío de motores	2	\$ 14,00
Total			\$ 109,00

Tabla 3.13 Costos para componentes eléctricos

Número	Componente	Cantidad	Precio (\$)
1	Panel solar 300W	1	\$ 200,00
2	Controlador de carga de panel solar 30A	1	\$ 35,00
3	Batería Bosch 12V 55Ah	1	\$ 90,00
4	Caja plástica para circuitos	1	\$ 5,00
Total			\$ 330,00

Entonces el alimentador tiene un costo de producción de \$1468.5 como se observa en la tabla 3.14. Para los costos de producción se estiman \$300.00 como gastos varios.

Tabla 3.14 Costos de producción del alimentador

Componente	Precio (\$)
Electrónica	\$ 54.50
Mecánico	\$ 675.00
Sensores y actuadores	\$ 109.00
Eléctrico	\$ 330.00
Varios	\$ 300.00
Total	\$ 1468.50

Como se puede observar el costo total de producción a pesar de ser un poco más elevado que los alimentadores comerciales es un costo aceptable que permite a la empresa proponer un precio de venta al público competitivo por costo – beneficio.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

1. El Ecuador ha demostrado poseer un gran dominio del mercado internacional de camarón blanco, al posicionarse como mayor exportador a nivel mundial de este apreciado producto se demuestra la vasta proyección comercial hacia nuevos mercados. Para alcanzar estas proyecciones, mantener un estatus de alta calidad y aprovechar económicamente la producción camaronera se requiere de nuevas técnicas de producción que llenen los vacíos que han prevalecido por años dentro de las etapas productivas de la industria camaronera.
2. Es así como en el presente proyecto se establecieron objetivos claros, que han conducido a una solución real y factible frente a la necesidad de una alimentación balanceada y facilitada durante la etapa de engorde del camarón blanco. Tras múltiples iteraciones se pudo concluir que:
3. Tras los análisis y pruebas operacionales y metodológicas se consiguió cumplir con un sistema dispensor de balanceado según los requerimientos nutritivos en las piscinas camaroneras. Además, mediante 5 pruebas distintas con muestras de alimento de 2 mm de diámetro, para camarón en etapa de engorde, se determinó que mediante la implementación de un triturador de un solo eje en forma de sierra y un dispensor tubular inclinado se logra disminuir considerablemente de tamaño a 10 de los 12 grumos (83.33%) que se identificaron en las distintas pruebas de manera que se impide con éxito los atascamientos en los alimentadores, además, al añadirse una malla tamizadora en la tapa de la tolva se puede evitar atascamientos originados por materiales externos e invasivos, como madera, piedras pequeñas o restos de heces de las aves circundantes.

4. Las pruebas de concepto realizadas se estructuraron procurando utilizar materiales con alta disponibilidad en el mercado ecuatoriano, es así como cada sensor y actuador para el control de dispersión de comida escogido, pertenece a marcas populares dentro de la ciudad de Guayaquil, por consiguiente, se demostró, que, cada alimentador automático además de suplir con la necesidad de una dispersión controlada y la disminución de atascos puede ser ensamblado sin mayor gasto en componentes escasos. Adicionalmente, en caso de presentarse la necesidad de utilizar repuestos, no será necesario exportar ningún elemento ni invertir grandes sumas de dinero en su búsqueda. Con la información previamente expuesta se determinó que, para fabricar un Alimentador automático de camarón con las características establecidas, se requiere de \$1 488. 49, incluyendo costos de componentes electrónicos y eléctricos, mecánicos, sensores y actuadores, y costos varios como transporte y mantenimiento.

5. Se diseñó e implementó una interfaz de monitoreo en campo que permita visualizar los valores de nivel, voltaje y amperaje del alimentador. El monitoreo en el campo se alcanzó gracias al seguimiento de un diagrama de flujo para el microcontrolador que considera cada entrada y salida dentro del sistema. Estas estrategias permiten llevar un seguimiento oportuno de los diversos parámetros de mayor importancia, como el índice de voltaje presente en el sistema y el amperaje que se muestran en la pantalla presente en el alimentador su estado actual. Todos estos datos reducen la necesidad de una revisión constante por parte de técnicos operarios además ofrecer advertencias oportunas frente a fluctuaciones inusuales tanto en amperaje como voltaje.

6. Finalmente, mediante análisis comparativos realizados durante el proceso metodológico sobre las ganancias económicas ligadas a las tasas de supervivencias promedio de camarones en etapa de engorde, se encontró, que asignando 6 alimentadores automáticos por hectárea y estimando un incremento de supervivencia de solo 10%, se observa un beneficio de \$4,380 /ha/año. En consecuencia, si el primer año se reinvierten las utilidades se retornaría la inversión total del ensamblaje del alimentador y en los años siguientes se obtendrían ganancias netas.

4.2 Recomendaciones

1. Durante las pruebas operacionales del alimentador automático inteligente, implementado en el presente proyecto, se determinaron diversas acciones necesarias para optimizar el desempeño del sistema y obtener mejores resultados.
2. Desde una perspectiva práctica se recomienda utilizar 24 voltios en el sistema en lugar de 12 voltios para favorecer una trituración más potente e incrementar el radio de alcance de dispersión.
3. Además, se sugiere implementar un dispersor de tipo disco, con un perímetro más circular y una estructura más aplanada, con el objetivo de incrementar el radio de alcance.
4. El diseño del triturador implementado está basado en los trituradores para plásticos y trituradores de molinos, se sugiere analizar las ventajas del uso de un triturador personalizado con el fin de evitar cualquier tipo de inconvenientes generado por atascos.
5. Finalmente se recomienda cambiar el control de lazo abierto del motor por un sistema de lazo cerrado apoyado en un encoder, con el objetivo de obtener mayor control de la velocidad del sistema de dispersión.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. Molinari. "Ecuador makes quick shift to diversify its shrimp export strategy". SeafoodSource. (accedido el 27 de noviembre de 2021).
- [2] A. M. Sánchez, T. Vayas, F. Mayorga y C. Freire, "Acuicultura y pesca de camarón" Observatorio Económico y Social de Tungurahua, Díptico N19. <https://blogs.cedia.org.ec/obest/wp-content/uploads/sites/7/2020/06/Acuicultura-y-pesca-de-camar%C3%B3n.pdf>
- [3] S. España. "China restringe las compras de camarón ecuatoriano tras encontrar coronavirus en el embalaje". El País. <https://elpais.com/economia/2020-07-17/china-restringe-las-compras-de-camaron-ecuadoriano-tras-encontrar-coronavirus-en-el-embalaje.html> (accedido el 6 de diciembre de 2021).
- [4] Revista Acuicultura. "Ecuador se convirtió en el segundo proveedor de camarón en Estados Unidos - Issuu". issuu. https://issuu.com/revista-cna/docs/edicion_140/s/12192036 (accedido el 6 de diciembre de 2021).
- [5] Pesca con ciencia. "Producción de camarón fuertemente afectada por COVID-19 en 2020, Ecuador ocupa el primer lugar". Pesca Con Ciencia. <https://www.pescaconciencia.com/2021/01/29/produccion-de-camaron-fuertemente-afectada-por-covid-19-en-2020-ecuador-ocupa-el-primer-lugar/> (accedido el 6 de diciembre de 2021).
- [6] S. M. Caballero "Análisis de costos de cultivo de larvas de camarón y su influencia en la rentabilidad de la empresa Maramar S.A." (Tesis de grado) Ingeniería en contabilidad y auditoría, UPS, Guayaquil, Ecuador, 2015
- [7] C. Molina y H. Villareal "Estrategias de alimentación en la etapa de engorda del camarón" 1, vol. 1. México, CIBNOR S.A., 2008
- [8] Revista Acuicultura. "Beneficios económicos de la alimentación automática asistida por hidrófonos con algoritmos de aprendizaje - Issuu". issuu.

- <https://issuu.com/revista-cna/docs/edicion135final/s/10777166> (accedido el 6 de diciembre de 2021).
- [9] J. Maquilon "Factibilidad para la implementación de alimentadores automáticos en piscinas camaroneras de Aquamar S.A." (Tesis de grado) Ingeniería comercial, UG, Guayaquil, Ecuador, 2017
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/22900/1/Proyecto%20de%20Investigacion%20Alimentadores%20Automaticos%20Aquamar%20S.A..pdf> (accedido el 6 de diciembre de 2021).
- [10] ProAqua. "Alimentador Solar automático de 150 Kilos para la Acuicultura". ProAqua México - Proveedora de Insumos Acuícolas.
<https://proaqua.mx/content/marcas/nanrog/Instrucciones-Alimentador-Solar-ProAqua-150-Kilos.pdf> (accedido el 6 de diciembre de 2021).
- [11] Estadísticas – Cámara Nacional de Acuicultura. (2021, 1 de octubre). Cámara Nacional de Acuicultura. <https://www.cna-ecuador.com/estadisticas/>
- [12] Ámbar Nicole Gonzabay Crespín, Harry Alexander Vite Cevallos, Víctor Javier Garzón Montealegre, Patricio Quizhpe Cordero. (2021). Análisis de la producción de camarón en el Ecuador para su exportación a la Unión Europea en el período 2015-2020. Ecuador: Dialnet.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8094522>
- [13] FAO. (2021). Characteristics, structure, and resources of the sector. Food and agriculture organization, 5, Web.
<https://www.fao.org/fishery/en/countrysector/ec/es>
- [14] Análisis de la producción de camarón en el Ecuador para su exportación a la Unión Europea en el período 2015-2020 en formato PDF
- [15] Plan estratégico de exportación de camarón ecuatoriano para el mercado de Dubái, Emiratos árabes unidos. (2015). Universidad Politécnica Salesiana, 1(1), 30.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10023/1/UPS-GT001030.pdf>

- [16] Empacadora, Z. (2020). Preguntas sobre el Camarón. Zambritisa. <https://www.zambritisa.com/preguntas.html>
- [17] Lagarda, E. (2016). EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA CADENA DE SUMINISTRO DEL CAMARÓN BLANCO DE AGUA DULCE. Revista Internacional Administración & Finanzas, 1(1), 24. <http://www.theibfr2.com/RePEc/ibf/riafin/riaf-v9n1-2016/RIAF-V9N1-2016-3.pdf>
- [18] Food and Agriculture Organization. (1986, 21 de septiembre). MANUAL PARA LA CRÍA DE CAMARONES PENEIDOS. Home | Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/ab466s/ab466s04.htmfbclid=IwAR3r0SznaDhDtWrHLWg-jibC9EpDgxEfnRHqIvK9IUqISf5w3Flu8Cl1h0>
- [19] Gonzabay, A., Vite, H., Garzón, V. y Quizhpe, P. (2021). Análisis de la producción de camarón en el Ecuador para su exportación a la Unión Europea en el período 2015-2020. Polo del Conocimiento, 6(9), 19.
- [20] "GOAL 2019: Revisión de la producción mundial de camarones - Responsible Seafood Advocate". Global Seafood Alliance. <https://www.globalseafood.org/advocate/goal-2019-revision-de-la-produccion-mundial-de-camarones/> (accedido el 15 de febrero de 2022).
- [21] "Seafood Media Group - Noticias - El camarón ecuatoriano ingresará al mercado australiano". Seafood Media Group <https://seafood.media/fis/worldnews/worldnews.aspl=s&id=103220&ndb=1> (accedido el 15 de febrero de 2022).
- [23] Peletizado y Extrusión - Fabricación de Alimentos para Camarones. (2019, 14 de agosto). AQUAFEED. <https://aquafeed.co/entrada/peletizado-vs-extrusion---fabricacion-de-alimentos-para-camarones-20954/>
- [24] Página Oficial de los productos de Nicovita <https://nicovita.com/productos/>

- [25] Muñoz, O. (2019). Comparación entre Extruido y Peletizado en alimentos de camarones. *Extru-Tech Inc.*, 1(1), 21.
http://eprints.uanl.mx/8392/1/22Oswaldo_Munoz.pdf
- [26] Página oficial de Blue Sensor: <https://www.bluesensordata.com/feeder>
- [27] Albán, M. and Sanunga, C., 2015. *Dispensador automático Móvil de Alimento Balanceado para peces. 1st ed. [e-book]* Sangolquí: Universidad de las fuerzas armadas, p.30. Available at: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/11242/T-ESPE-049428.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Accessed 15 February 2022].
- [28] UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, & CHIZA ANDRANGO, J. A. (2017, septiembre). MÁQUINA EXTRUSORA DE MASA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIZCOCHOS y GALLETAS PARA LA INDUSTRIA ARTESANAL EN LA PARROQUIA DE SAN PABLO DEL LAGO. UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7789/1/04%20MEC%20208%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- [29] Bermeo Martinez, D. C. (s. f.). Diseño y construcción de un molino de martillos trituradores de granos para granjas avícolas” [Trabajo de Grado, Universidad de las Fuerzas Armadas].
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8296/1/AC-ESPEL-EMI-0254.pdf>
- [30] Página oficial de JetFeeder <https://jetfeeder.com/aboutus/>
- [31] Global Seafood Alliance y Ching, C. A. (2020). Consideraciones para la alimentación automática en estanques de camarones. *Responsible Seafood Advocate*, 1- 3 .
[https://www.globalseafood.org/advocate/consideraciones-para-la-alimentacion-automática-en-estanques-de-camarones/](https://www.globalseafood.org/advocate/consideraciones-para-la-alimentacion-automatica-en-estanques-de-camarones/)

- [32] Arteaga F. (2018) “La cuarta revolución industrial (4RI): un enfoque de seguridad nacional” Instituto Real Elcano”. <https://www.realinstitutoelcano.org/wp-content/uploads/2021/10/dt12-2018-arteaga-cuarta-revolucion-industrial-enfoque-seguridad-nacional.pdf>
- [33] Lloyd, C. C., Jothiswaran, V. V., Agnes Daney, A. S., Jayaraman, R. y Velumani, T. (2020). Application of Artificial Intelligence in Fisheries and Aquaculture. *Biotical Research Today*, 2(6). <https://bioticainternational.com/ojs/index.php/biorestoday/article/view/257#:~:text=AI%20can%20even%20be%20used,be%20reduced%20up%20to%2030%20.>
- [34] Chrispin et al. (2020) “Application of Artificial Intelligence in Fisheries and Aquaculture” *Research Today* 2(6): 499-502
- [35] Maquilon J. (2017) “Factibilidad para la implementación de alimentadores automáticos en piscinas camaroneras de Aquamar S.A.” <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/22900/1/Proyecto%20de%20Investigacion%20Alimentadores%20Automaticos%20Aquamar%20S.A..pdf>
- [36] EcoBusinessFund “Guía para laboratorio y cultivo del camarón”, Eco.BusinessFund, Luxemburgo, 2021. [En línea]. Disponible en: https://www.ecobusiness.fund/fileadmin/user_upload/Sustainability_Academy/Recursos/Guia_para_laboratorio_y_cultivo_de_camaron.pdf. [Accedido: 01-en-2022]
- [37] Organización para las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura. (2013, febrero). TÉCNICAS DE CAMARÓN Y CULTURA DE CICLO CERRADO LA CRIA DE PROGENITORES EN CAUTIVERIO. [Online] Disponible en <http://www.fao.org/3/ac392s/AC392S02.htm>
- [38] R. Poma “Diseño de un sistema remoto de monitoreo autónomo de alimentación de camarones en la isla los callejones del cantón de Huaquillas, provincia el oro,” Tesis de grado, Universidad Católica Santiago de Guayaquil, 2020.
- [39] "FAO - *Penaeus vannamei*". Home | Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible en:

https://www.fao.org/fishery/docs/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/es/es_whitelegshrimp.htm (accedido el 6 de febrero de 2022).

- [40] M. Espinoza C. Poveda, "Beneficios económicos de la alimentación automática asistida por hidrófonos con algoritmos de aprendizaje", *Aquacultura*, 2020, junio, pp. 43-45. Disponible en: <https://issuu.com/revista-cna/docs/edicion135final>
- [41] euro código 1: Acciones en estructuras, Parte 4: Silos y depósitos, UNE-EN 1991-4, AENOR, Madrid, 2011.
- [42] A. M. Sánchez, T. Vayas, F. Mayorga y C. Freire, " ACUICULTURA Y PESCA DE CAMARÓN " *IEEE Transactions on Computers*, vol. 46, pp. 695-701, June 1997.
<https://www.cna-ecuador.com/estadisticas/>
- [43] CASTAÑO GIRALDO, S. A. (2019). PWM PIC - Modulación por Ancho de Pulso. Control Automático Educación. <https://controlautomaticoeducacion.com/microcontroladores-pic/pwm-modulacion-por-ancho-de-pulso/>
- [44] O'Connor, J. P. (2020). *Energía solar autónoma: Una guía práctica para entender e instalar sistemas fotovoltaicos y de baterías*. Old Sequoia Publishing.
- [45] Link AliBaba del Motor con Sistema de engranaje planetario: https://www.alibaba.com/product-detail/motor-rs-775-with-planetary-gearbox_60258171354.html
- [46] Handson Technology. (2018). 775 Ball Bearing DC Motor (Data Specs). Handson Technology Enterprise. https://www.handsontec.com/dataspecs/motor_fan/775-Motor.pdf
- [47] Department of Fisheries and Allied Aquacultures, Auburn University, & Boyd, C. E. (2014). *CONSIDERACIONES SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA Y DEL SUELO EN CULTIVOS DE CAMARÓN*. Department of Fisheries and Allied Aquacultures. http://www.cesasin.com.mx/CentroAmerica/1Calidad%20del%20agua.pdf?fbclid=IwAR1V8Z3LJh1DtZ2Y6RMgGzPGAKi0_AD07FqO83qZP8kpP6_x7rD4ctjMpXk

APÉNDICES

Apéndice A

Sensor capacitivo

El primer sensor es el capacitivo, muy utilizado en la zona industrial para medición de nivel, este sensor envía un cambio de estado generalmente activo o apagado indicando la presencia de material, También hay en la versión de 4-20 mA que se puede procesar como un porcentaje de contenido, basado en el estímulo de un campo eléctrico según la ingeniera Riviera en la figura A.1 [20].

Además, según Osoinach y Shadwani estos sensores capacitivos que hay en la actualidad tienen aplicaciones en diversos sectores como en la industria, biomedicina, la robótica y muchas otras [21,22].

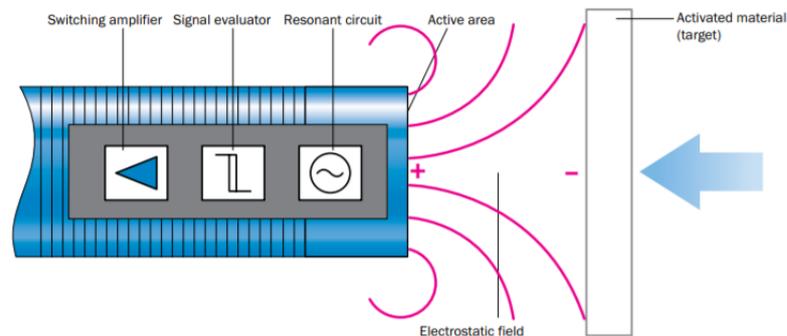


Figura A.1 Esquema y componentes del sensor capacitivo industrial [21].

Sensor ultrasónico

El sensor ultrasónico, sensor de tipo fotoeléctrico, es aquel que a partir de enviar y recibir señales ópticas sobre un objeto permite medir distancia, en la figura A.2 el sensor HC-SR04 que calcula el tiempo en rebotar una señal de 40 kHz en un receptor según A. Dulce y J. Rodríguez [23].

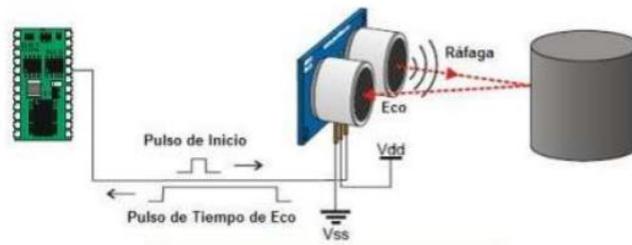


Figura A.2 Esquema de conexión del Sensor HC-SR04 [23].

Sensor ultrasónico

Un sensor Radar o Radio Angle Detection and Ranging es un sistema electromagnético que detecta y ubica objetos. Comúnmente se observan estos dispositivos en carreteras para monitorear la velocidad de los autos. Se dividen según sus antenas, frecuencia de trabajo y la forma de onda, en la figura A.3 se ve un sensor de radar aplicado en la industria de granos y balanceado [24].



Figura A.3 Sensor de radar.

Para tolvas se utilizaría un sensor de onda continua, para distancias menores a dos metros. Estos radares funcionan gracias al efecto Doppler calculando distancia según el trabajo del ingeniero Barreto con la figura A.4 [25].

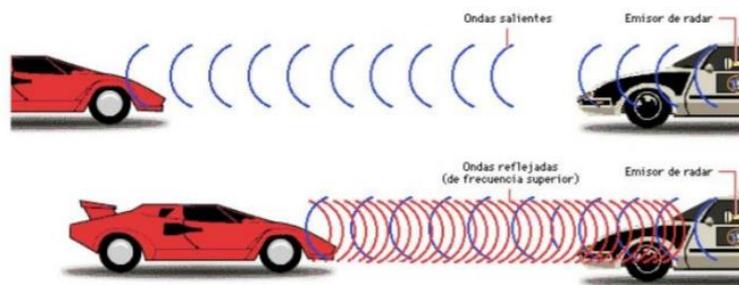


Figura A.4 Funcionamiento de un sistema radar móvil [25].

Tabla A.1 Cuadro comparativo entre alimentadores

Alimentador	Empresa	Descripción	Características						
			Tamaño Tolva	Comunicación	Medición de Nivel	Panel Solar	Baterías	Rango Dispersión	Estructura de Alimentador
Alimentador Poseidón	AQ1	Este alimentador utiliza un controlador SF200, con un hidrófono que identifica el sonido de alimentación dando un crecimiento semanal de hasta un 23% en 4 camarónicas en el 2015.	350Kg	Radiofrecuencia a la Base, enviando los datos de sensores de la piscina.	No Posee	100 watts	30 Ah	Rango de dispersión de hasta 12 m	Construido basado en estándares marinos de alto grado y fácil de mantener, acero galvanizado.
Alimentador Blue Sensor	Blue Sensor	Este alimentador ofrece hasta 360 Dosis por día en cultivos extensivos y 480 en cultivos intensivos (Este requiere conexión a energía eléctrica general), posee geolocalización por GPS, sistema retroalimentado con una App Web, la empresa garantiza una mejora de crecimiento, pero no muestra datos de evidencia como AQ1.	120Kg +/- 10%	Comunicación por radiofrecuencia usando Zigbee (alcance de 6km) a un controlador Gateway central.	No Posee	50 watts	26 Ah	Rango de dispersión de hasta 15 - 18 m	Hierro Galvanizado anticorrosivo y 4 flotadores de Plástico, Polietileno de alta calidad.
Alimentador AAE-SB160	RobotiSA	Es un equipo de alimentación automático para camarones que divide la ración en múltiples micro raciones (+200), ajustadas a ciclos horarios escogidos según el criterio del biólogo o programador en cualquier hora del día. Aumentando la biomasa del camarón en un 50%	160Kg	Funcionan con Internet o Intranet desde un equipo móvil, Tablet o una computadora desde su oficina.	No Posee	40 watts	28 Ah	Capacidad de dispersión de entre 90-100 g/s, con un aspersor de 4 salidas.	Acero Inoxidable y 3 Flotadores Plásticos
Alimentador BioMatic	Bio Feeder	Este sistema utiliza sensores acústicos debajo del agua para poder retroalimentar la dispersión correcta de comida utilizando una comunicación IOT.	125Kg	Caja Unidad Central BioMatic con comunicación Xbee Celular 3G/Xbee DigiMesh	No Posee	100 watts	42 Ah	Dispersión con capacidad de dosificar 82 g/s	Hierro Galvanizado y flotadores de Polietileno de alta densidad de 1 m de largo y 200lt de aire.
Alimentador JetFeeder	Jet Feeder	El alimentador es posible tener control inalámbrico de todos los alimentadores en la camarónica desde una sola computadora con software	100, 150 y 200 Kg	Radiofrecuencia a la Base, enviando los datos de Sensores de la piscina.	No Posee	50 watts	42 Ah	Dispersión de alimentación de 12-20 metros con configuración ajustable	Dos Flotadores de Plástico y armazón de Metal

Apéndice B

Diseño de tolva

Se diseñaron 2 tolvas de 350kg y 150kg, a partir de los distintos tamaños que ofrecen los alimentadores en el mercado donde se dividió las tolvas en tamaño grande y tamaño pequeño. La estructura permitiría el correcto acoplamiento de la tolva al alimentador con el sistema triturador con ayuda de bridas como se ve en la figura B.1.



Figura B.1 Ejemplo de unión de tolva mediante una brida en un Hopper ZPH150.

Propiedades del alimento

Para determinar las propiedades del alimento se siguió la norma UNE-EN-1991-4 2011 [41]. Ambas tolvas entran en la clase de evaluación de acción 1 ya que sus capacidades son menores a 100 toneladas como se observa en la tabla B.1, por lo que se pueden utilizar los valores medios del coeficiente de rozamiento μ_m , del coeficiente de presiones laterales K_m y del ángulo de rozamiento interno del material almacenado θ_m .

Tabla B.1 Evaluación para cálculo de tolvas o silos [41]

Clase de evaluación de acción	Descripción
Clase de evaluación de acción 3	Silos de capacidad mayor de 10 000 toneladas Silos de capacidad mayor de 1 000 toneladas en las que puede producirse cualquiera de las siguientes situaciones de cálculo: a) descarga excéntrica con $e_0/d_c > 0,25$ [véase la figura 1.1 b)] b) silo poco esbelto con excentricidad en la superficie superior $e/d_c > 0,25$
Clase de evaluación de acción 2	Todos los silos cubiertos por esta norma y que no tengan ubicación en otra clase
Clase de evaluación de acción 1	Silos con capacidad menor de 100 toneladas

Luego se define la categoría D1 para la superficie de la pared ya que nuestra tolva tendrá un material de polietileno de alto peso molecular según la tabla B.2.

Tabla B.2 Definición de las superficies en la pared del silo [41]

Categoría	Título descriptivo	Materiales de la pared típicos
D1	Rozamiento bajo clasificado como "Deslizante"	Acero inoxidable laminado en frío Acero inoxidable pulido Superficie con un revestimiento para bajo rozamiento Aluminio pulido Polietileno de peso molecular ultraelevado ^a
D2	Rozamiento moderado clasificado como "Liso"	Acero dulce liso (construcción soldada o atornillada) Acero inoxidable terminado con fresa Acero al carbono galvanizado Aluminio oxidado Superficie con un revestimiento para resistencia frente a la corrosión o el desgaste abrasivo
D3	Rozamiento elevado clasificado como "Rugoso"	Hormigón encofrado, hormigón enfoscado u hormigón envejecido Acero al carbono envejecido (oxidado) Acero resistente a la abrasión Piezas cerámicas
D4	Irregular	Paredes onduladas horizontalmente Chapa nervada con nervios horizontales Paredes especiales con grandes anomalías
NOTA Los títulos descriptivos de esta tabla se dan en términos de rozamiento más que de rugosidad porque hay una mala correlación entre las medidas de la rugosidad y la medida del rozamiento con la pared entre un sólido granular deslizante y la superficie.		
^a Se debería considerar cuidadosamente en estos casos el efecto de la rugosidad de las partículas que se incrustan dentro de la superficie.		

Al establecer la clase de acción 1 y la categoría D1 se puede estimar los valores de las propiedades del balanceado de camarón como se menciona en el capítulo 2 y por lo que se obtiene la Tabla B.3 correspondiente a los valores del "material por defecto".

Tabla B.3 Propiedades de material por defecto [41]

Símbolo	Descripción	Valor
θ_m	Ángulo de rozamiento interno	35 [°]
K_m	Coefficiente de presiones laterales	0.50 [kPa]
μ_m	Coefficiente de rozamiento con la pared	0.32
θ_w	Coefficiente de referencia del sólido para cargas concentradas.	17.74 [°]
C_{op}	Coefficiente de referencia del sólido para cargas concentradas	1

Para determinar el ángulo de reposo se realizó un experimento con la muestra de balanceado de camarón. Las muestras tenían unas dimensiones promedio de 5 mm x 2 mm de diámetro como se puede observar en la figura B.4.

Tabla B.2 Dimensiones del balanceado

Símbolo	Descripción	Valor
L_b	Longitud del balanceado	5 [mm]
D_b	Diámetro del balanceado	2 [mm]

Mediante un embudo se vertió material hasta obtener cuatro grupos similares como se observa en la figura B.6.



Figura B.5 Muestras para el experimento del ángulo de reposo.

Luego según la figura B.3 a B.6 se tomaron las medidas de altura y diámetro de estos grupos obteniendo así un ángulo de talud natural promedio de 31° . Sin embargo, para ser conservadores, se consideran 15° más para el ángulo de la tolva (ecuación 2.1) dando un valor de 46° como se observa en la Tabla B.4. Además, se calculó el peso específico por medio de la ecuación B.2.

$$\beta = \phi_r + 15^\circ \quad (\text{B.1})$$

$$\gamma = \rho * g \quad (\text{B.2})$$



Figura B.6 Muestra 1 para cálculo de ángulo de talud natural.



Figura B.7 Muestra 2 para cálculo de ángulo de talud natural



Figura B.8 Muestra 3 para cálculo de ángulo de talud natural



Figura B.9 Muestra 4 para cálculo de ángulo de talud natural

Tabla B.3 Medida de altura y diámetro en una muestra

Símbolo	Descripción	Valor
θ_r	Ángulo de reposo del alimento	31 [°]
β	Ángulo de inclinación de la tolva.	46 [°]
ρ	Densidad del alimento	500 [kg/m ³]
γ	Peso específico	4.91 [kN/m ³]

Dimensiones de tolvas

Para el cálculo geométrico de la tolva se utilizaron los siguientes requerimientos como se ve en la figura 2.5 del capítulo 2:

- El diámetro de descarga debe ser mayor a 10 veces la longitud del balanceado.
- La relación de altura (H) con respecto al diámetro (D) debe estar entre 0.4 y 1 para que el silo sea poco esbelto y simplificar los cálculos.

$$d > 10 * L_b \quad (B.3)$$

$$d = 15 [cm]$$

La capacidad de la tolva viene dada por la siguiente ecuación considerando una holgura del 95% con el fin de permitir un 5% de espacio vacío dentro de la tolva:

$$C_b = V_t * \gamma_u * \text{holgura} \quad (\text{B.4})$$

$$V_1 = \frac{\pi}{4} * d_c^2 * H \quad (\text{B.5})$$

$$V_2 = \frac{\pi}{12} * h * (d_c^2 + d^2 + d_c * d) \quad (\text{B.6})$$

$$h = \frac{\frac{d_c - d}{2}}{\tan(\beta)} \quad (\text{B.7})$$

Estimación de cargas

Luego se estimaron las cargas correspondientes al llenado y descarga en las paredes de la tolva.

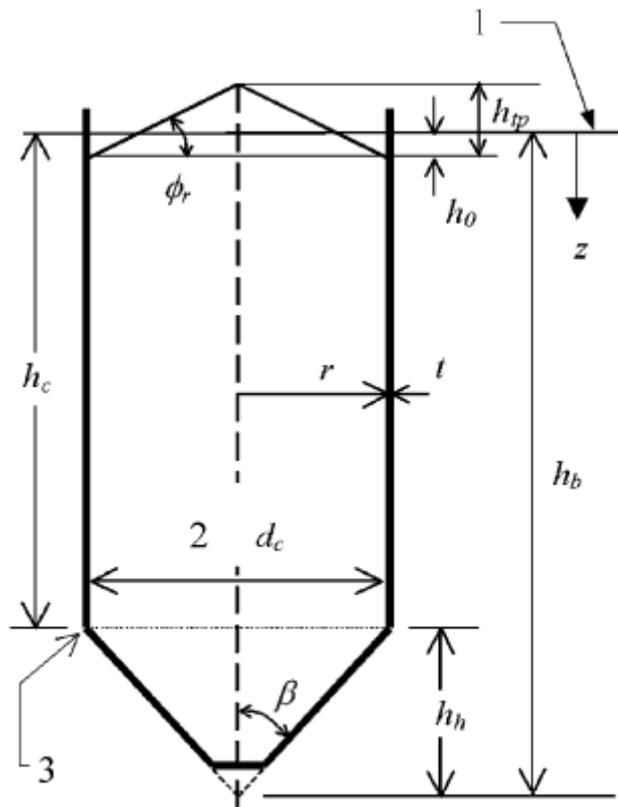


Figura B.10 Estimación de cargas en un silo [41]

Donde:

- 1: Superficie equivalente.
- 2: Dimensión interior.
- 3: Transición.

Tabla B.4 Parámetros para la estimación de cargas.

	h_{tp}	h_o	h_b	h_h	h_c	ϕ_r	β	d_c	r
	mm	mm	mm	mm	mm	grados	grados	mm	mm
Tolva 1	285	95	1294	459	835	31	46	950	475
Tolva 2	261	87	785	420	365	31	46	870	435

Cargas en el llenado de las paredes verticales
Cargas simétricas en el llenado

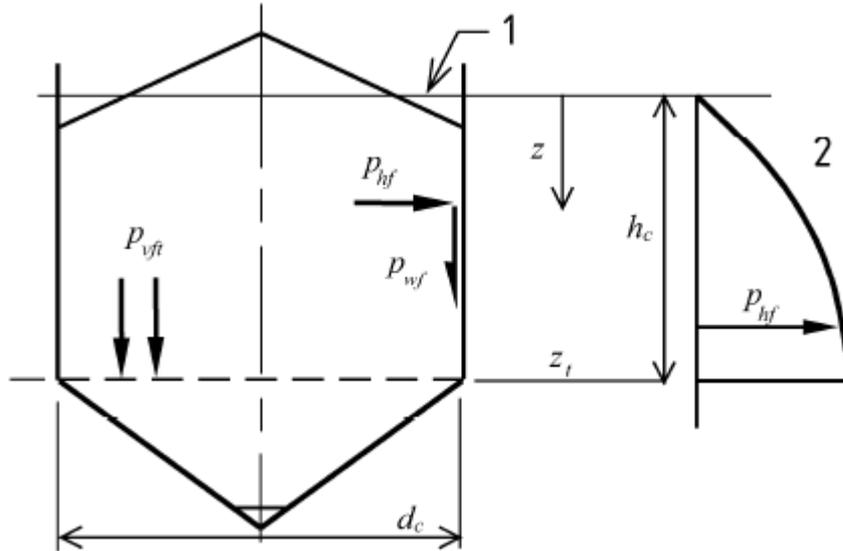


Figura B.11 Cargas simétricas en el llenado.

Donde:

- 1: Superficie equivalente.
- 2: Presiones en el segmento de pared vertical.

Para la carga simétrica de llenado se calculan previamente ciertos elementos de interés por medio de las siguientes ecuaciones:

$$z_o = \frac{1}{K_m * \mu_m} * \frac{r}{2} \quad (B.8)$$

$$p_{ho} = \gamma * K_m * z_o \quad (B.9)$$

$$n = -(1 + \tan \phi_r) * \left(1 - \frac{h_o}{z_o}\right) \quad (B.10)$$

$$Y_R = 1 - \left(\left(\frac{z-h_o}{z_o-h_o}\right) + 1\right)^n \quad (B.11)$$

Tabla B.5 Parámetros de esfuerzos

	z_o	p_{ho}	n	Y_R
	m	KPa		
Tolva 1	1.484	3.640	-1.498	0.473
Tolva 2	1.359	3.334	-1.498	0.256

Donde:

z : Profundidad desde la superficie equivalente del sólido.

z_o : Profundidad característica de Jansen.

p_{ho} : Presión horizontal asintótica a gran profundidad debida al solido almacenado.

Y_R : Función de la variación de la presión de silos poco esbeltos con respecto a la profundidad.

Luego se obtienen los valores de la presión horizontal p_{hf} , la presión de tracción por rozamiento de la pared después del llenado p_{wf} y la tensión vertical p_{vf} :

$$p_{hf} = p_{ho} * Y_R \quad (B.12)$$

$$p_{wf} = \mu_m * p_{hf} \quad (B.13)$$

$$p_{vf} = \gamma * z_v \quad (B.14)$$

Siendo:

$$z_v = h_o - \frac{1}{(n+1)} * \left(z_o - h_o - \frac{(z+z_o-2*h_o)^{n+1}}{(z_o-h_o)^n} \right) \quad (B.15)$$

Tabla B.6 Presiones horizontales, tracción y de rozamiento en las tolvas

	p_{hf}	p_{wf}	p_{vf}
	KPa	KPa	KPa
Tolva 1	1.720	0.550	3.087
Tolva 2	0.854	0.273	1.601

Donde:

z_v : Medida de profundidad usada en la evolución de la tensión vertical de silos poco esbeltos.

Por último, se calcula el valor característico de la tensión vertical resultante en la pared por unidas de perímetro en profundidad:

$$n_{zSk} = \mu_m * p_{ho} * (z - z_v) \quad (B.16)$$

Tabla B.7 Tensión vertical resultante.

	n_{zSk}
	KN/m
Tolva 1	0.239
Tolva 2	0.041

Cargas concentradas en el llenado

Para silos pocos esbeltos el coeficiente de cargas concentradas en el llenado se considera nulo:

$$C_{pf} = 0$$

Donde:

C_{pf} : coeficiente de mayoración.

Cargas de descarga sobre las paredes verticales

Para silos poco esbeltos las cargas de descarga simétricas se consideran iguales a las de llenado:

$$p_{he} = p_{hf}$$

$$p_{we} = p_{wf}$$

Tabla B.8 Cargas de descarga sobre las paredes verticales.

	p_{he}	p_{we}
	KPa	KPa
Tolva 1	1.720	0.550
Tolva 2	0.854	0.273

Cargas concentradas en la descarga

Para silos pocos esbeltos el coeficiente de cargas concentradas en la descarga se considera nulo:

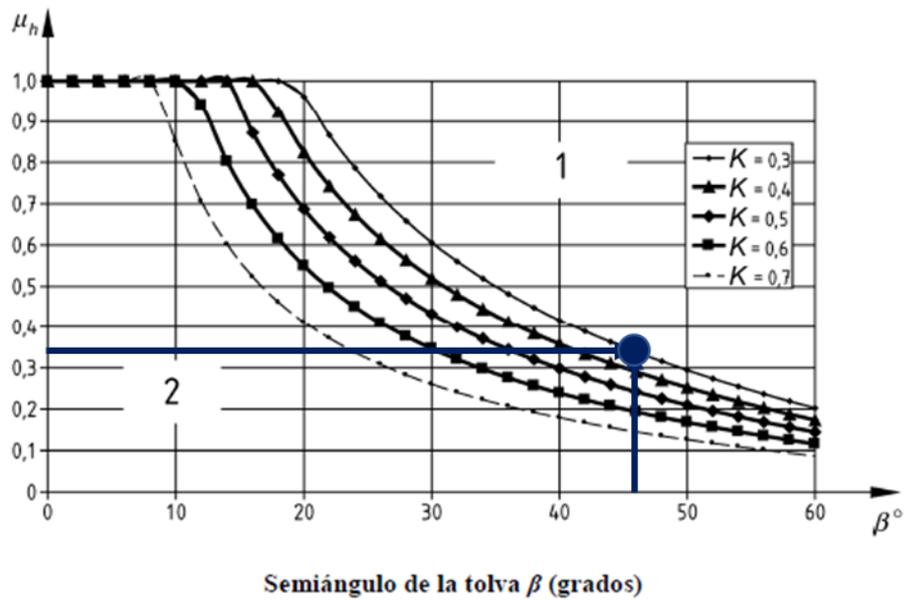
$$C_{pe} = 0$$

Donde:

C_{pe} : coeficiente de mayoración.

Cargas sobre la tolva

Ambas tolvas son del tipo aplanadas por lo que se realizan los cálculos tomando esa consideración.



Leyenda

1 Tolva aplanada

2 Tolva aguda

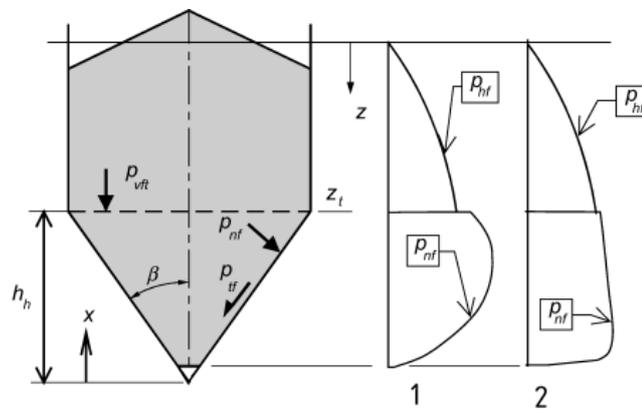
β Semiángulo del vértice de la tolva (grados)

μ_b Valor característico inferior del coeficiente de rozamiento con la pared de la tolva

K Valor característico inferior del coeficiente de presiones laterales en paredes verticales

Figura B.12 Gráfico de tipos de tolvas [41]

Para determinar la presión vertical media en la transición entre el segmento de pared vertical y la tolva se debe primero calcular el coeficiente de mayoración de cargas:



Leyenda

1 Aplanada

2 Aguda

Figura B.13 Cargas en el llenado en una tolva

Tensión vertical media en tolva

Para silos de clases de evaluación de acciones 1 en los que se hayan utilizados valores medios de las propiedades del material K y μ se determina el coeficiente de mayoración como:

$$C_b = 1.3$$

C_b : coeficiente de mayoración.

Luego:

$$p_{vft} = C_b * p_{vf2} \quad (B.17)$$

Tabla B.9 Tensión vertical media en tolva

	p_{vf2}	p_{vft}
	KPa	KPa
Tolva 1	4.096	5.324
Tolva 2	1.790	2.327

Donde:

p_{vft} : presión vertical de llenado.

p_{vf2} : presión vertical de llenado considerando $z_v = h_c$.

Rozamiento movilizado

Se determina el coeficiente de rozamiento con la pared movilizado:

$$\mu_{heff} = \frac{1-K_m}{2*\tan\beta} \quad (B.18)$$

$$\mu_{heff} = \mathbf{0.241}$$

Cargas de llenado

$$F_f = 1 - \frac{b}{\left(\frac{1+\tan\beta}{\mu_{heff}}\right)} \quad (\text{B.19})$$

$$F_f = 0.976$$

Donde:

b : coeficiente empírico $b = 0.2$.

μ_{heff} : coeficiente de rozamiento movilizado.

F_f : coeficiente de presiones en la tolva.

Luego se determina la potencia en el coeficiente de presiones de la tolva (n) definiendo el coeficiente de geometría para tolva cónica (S) según la norma:

$$S = 2$$

$$n = S * (1 - b) * \mu_{heff} * \cot\beta \quad (\text{B.20})$$

$$n = 0.373$$

Entonces se calcula la tensión vertical en el sólido:

$$p_v = \left(\frac{\gamma * h_h}{n-1}\right) * \left(\frac{x}{h_h} - \left(\frac{x}{h_h}\right)^n\right) + p_{vft2} * \left(\frac{x}{h_h}\right)^n \quad (\text{B.21})$$

Donde:

x : coordenada vertical en la tolva con origen en el vértice.

Al derivar con respecto a x e igualar a cero se obtiene el valor máximo de la coordenada x para luego determinar la tensión vertical p_v . La tensión vertical permitirá el cálculo de la presión normal y la presión de tracción por ro.

$$p_{nf} = F_f * p_v \quad (B.22)$$

$$p_{tf} = \mu_{heff} * p_{nf} \quad (B.23)$$

Tabla B.10 Tensión vertical, normal y de tracción en las tolvas

	x	p_v	p_{nf}	p_{tf}
	m	KPa	KPa	KPa
Tolva 1	0.321	4.215	4.115	0.993
Tolva 2	0.174	2.293	2.239	0.540

Cargas de descarga

Para tolvas aplanadas as cargas de descarga se consideran iguales a las de llenado:

$$p_{ne} = p_{nf} \quad (B.24)$$

$$p_{te} = p_{tf} \quad (B.25)$$

Tabla B.11 Cargas en descarga en las tolvas

	p_{ne}	p_{te}
	KPa	KPa
Tolva 1	4.115	0.993
Tolva 2	2.239	0.540

Cálculo de esfuerzos admisibles

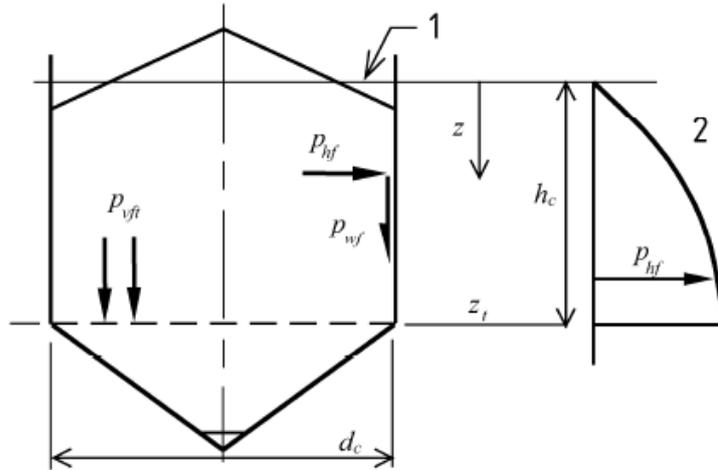


Figura B.14 Diagrama de esfuerzos admisibles.

Por experiencia en el área de estudio se considera un espesor de 3mm para todo el sistema. Se analizaron las presiones en cada zona para determinar el esfuerzo admisible máximo y con ello hacer una comparación de materiales para la fabricación.

$$t = 3 \text{ mm}$$

Para las paredes verticales se utiliza la siguiente ecuación:

$$t_1 = \frac{P_{ho} * d_c}{20 * \sigma_{adm}} \quad (\text{B.26})$$

$$t_2 = \frac{P_{wfi} * d_c}{20 * \sigma_{adm}} \quad (\text{B.27})$$

$$t = t_1 + t_2 = \frac{(P_{ho} + P_{wfi}) * d_c}{20 * \sigma_{adm}} \quad (\text{B.28})$$

$$\sigma_t = \frac{(P_{ho} + P_{wfi}) * d_c}{20 * t} \quad (\text{B.29})$$

Donde:

P_h : Presión horizontal sobre las paredes en Kg/m².

P_{wfi} : Presión de rozamiento sobre las paredes en Kg/m².

d_c : diámetro interior de la tolva.

σ_t : Esfuerzo a la tracción.

t : Espesor de pared vertical.

Tabla B.12 Esfuerzo a la tracción de las tolvas

	σ_t
	kPa
Tolva 1	66.356
Tolva 2	52.304

Tomando el máximo esfuerzo a la tracción:

$$\sigma_t = 66.356 \text{ kPa}$$

Para la tolva se debe calcular la presión total ejercida en ella considerando $x=l_h$:

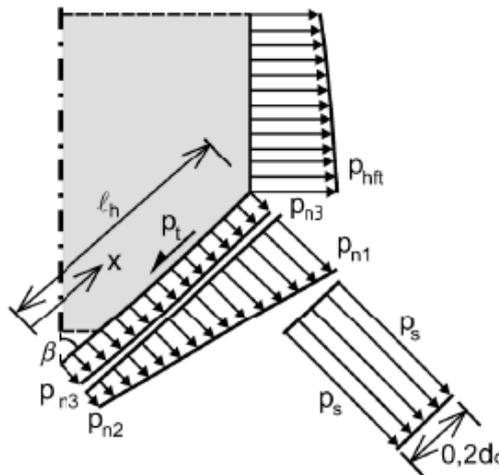


Figura B.15 Diagrama de presiones en una tolva.

$$p_n = p_{n3} + p_{n2} + (p_{n1} - p_{n2}) * \frac{x}{l_h} \quad (B.30)$$

$$p_{n1} = p_{vft} * (C_b * \text{sen}^2 \beta + \text{cos}^2 \beta) \quad (B.31)$$

$$p_{n2} = p_{vft} * C_b * \text{sen}^2 \beta \quad (\text{B.32})$$

$$p_{n3} = 3 * \left(\frac{r}{2}\right) * \frac{\gamma * K}{\sqrt{\mu}} * \cos^2 \beta \quad (\text{B.33})$$

$$\sigma_f = \frac{p_{n3} * r}{100 * t} \quad (\text{B.34})$$

Tabla B.13 Esfuerzos de las tolvas.

	σ_f
	kPa
Tolva 1	12.099
Tolva 2	5.878

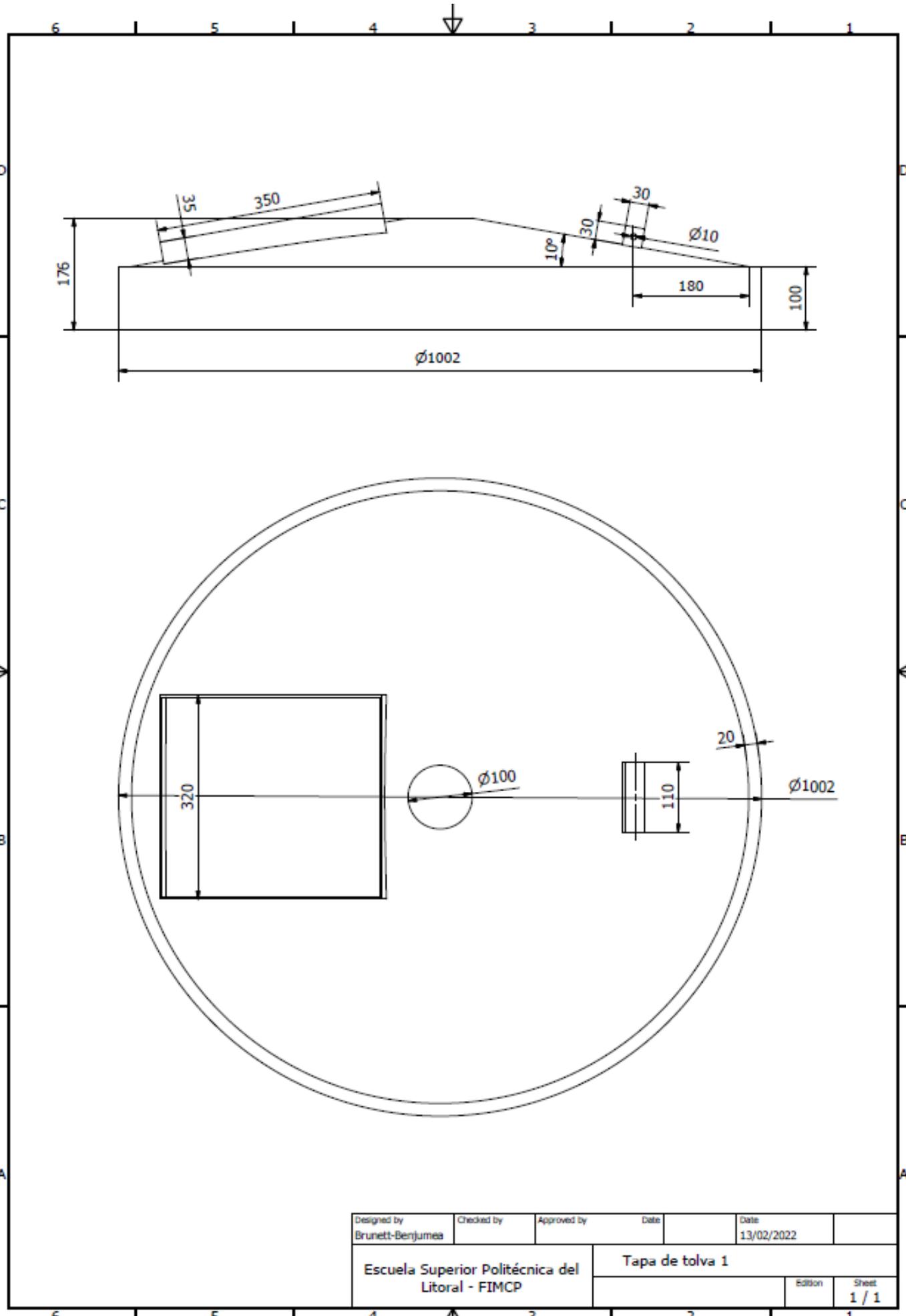
Tomando el máximo esfuerzo de fluencia

$$\sigma_f = 12.099 \text{ kPa}$$

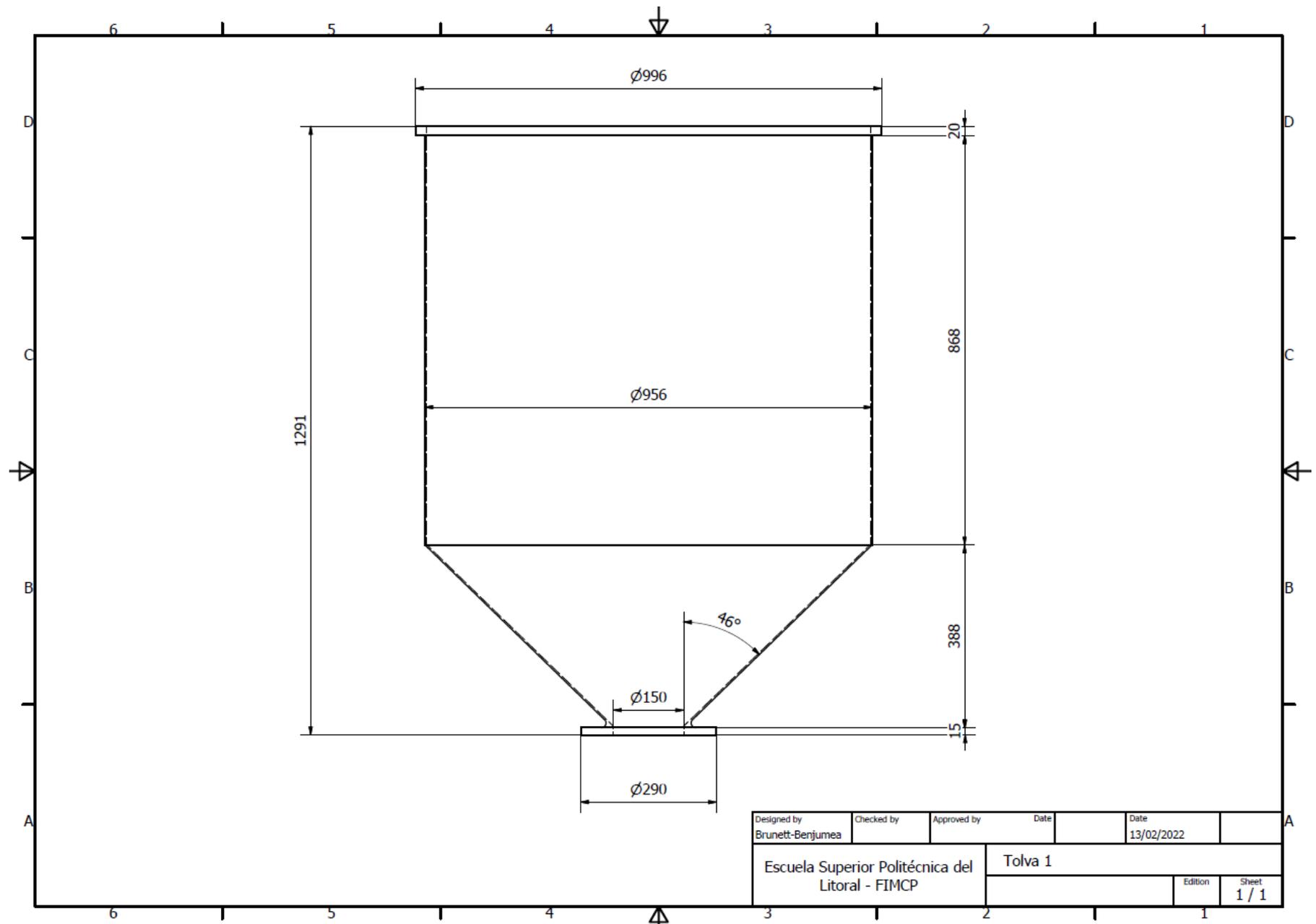
Apéndice C

Planos Mecánicos y Electrónicos

En esta sección se adjuntan los planos referentes al diseño mecánico y electrónico para el alimentador, estos serán dados a la empresa cliente para su futuro análisis e implementación.



Designed by Brunett-Benjumes	Checked by	Approved by	Date	Date 13/02/2022
Escuela Superior Politécnica del Litoral - FIMCP			Tapa de tolva 1	
			Edition	Sheet 1 / 1

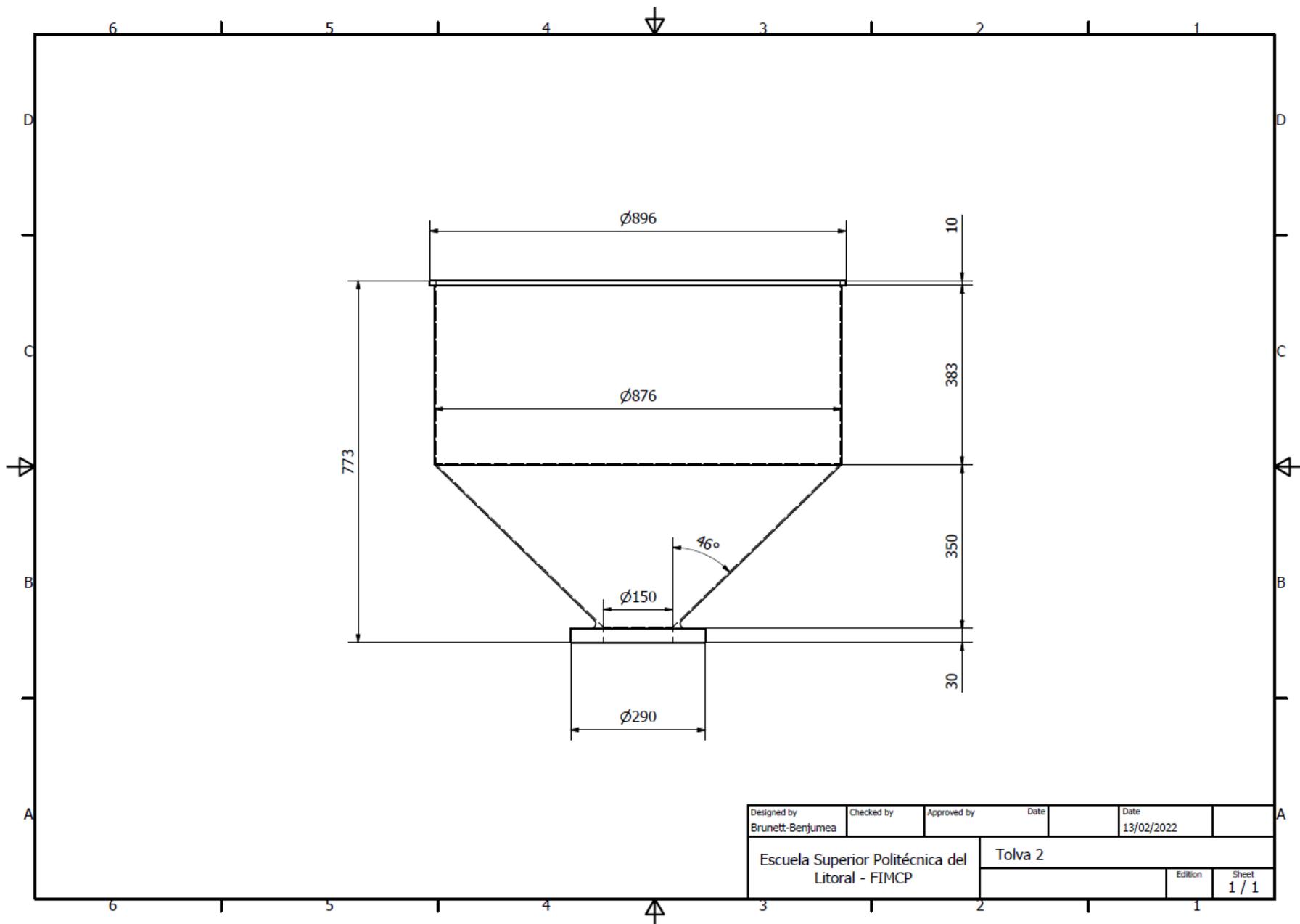


Designed by Brunett-Benjumea	Checked by	Approved by	Date	Date 13/02/2022
---------------------------------	------------	-------------	------	--------------------

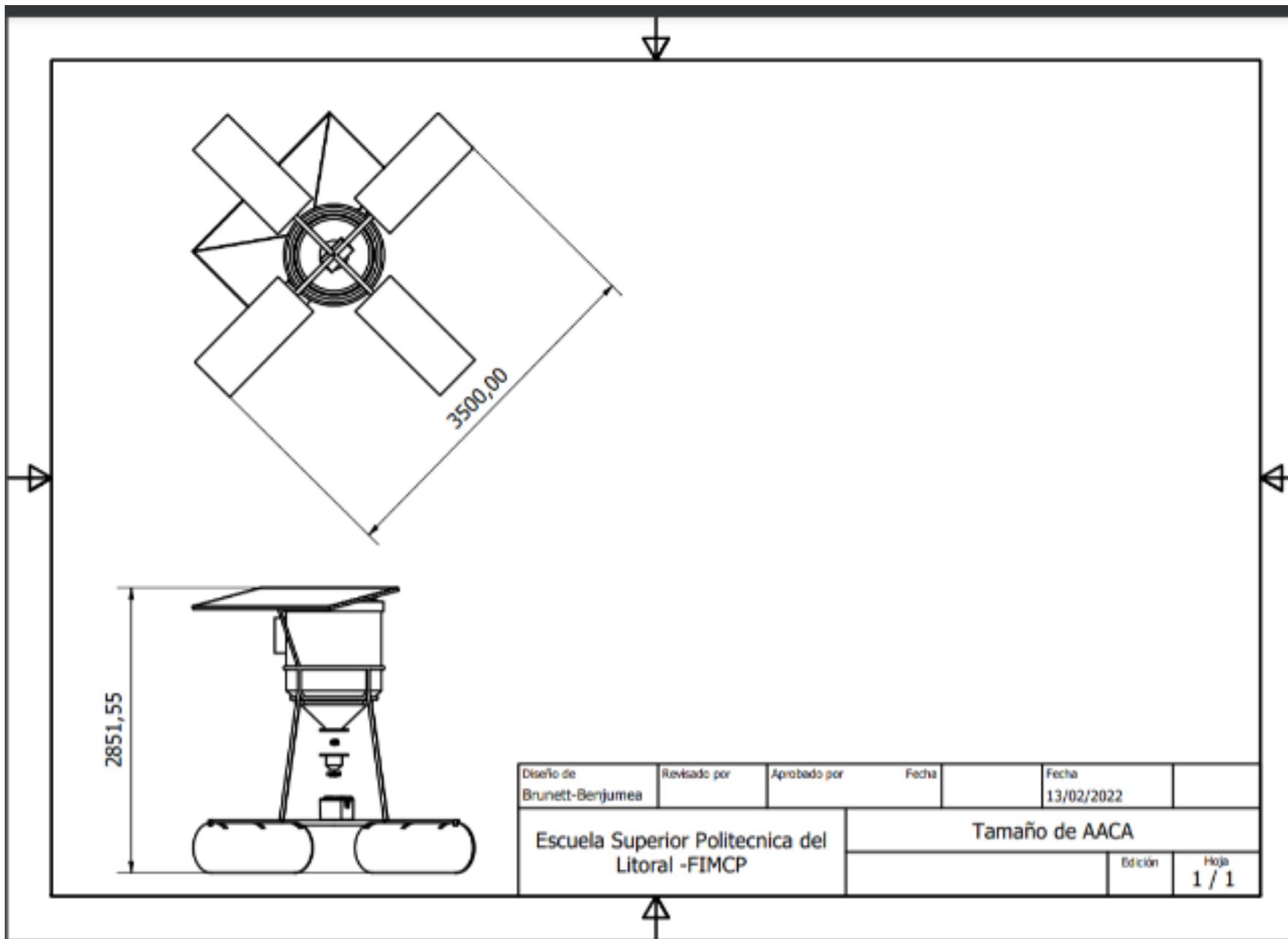
Escuela Superior Politécnica del Litoral - FIMCP

Tolva 1

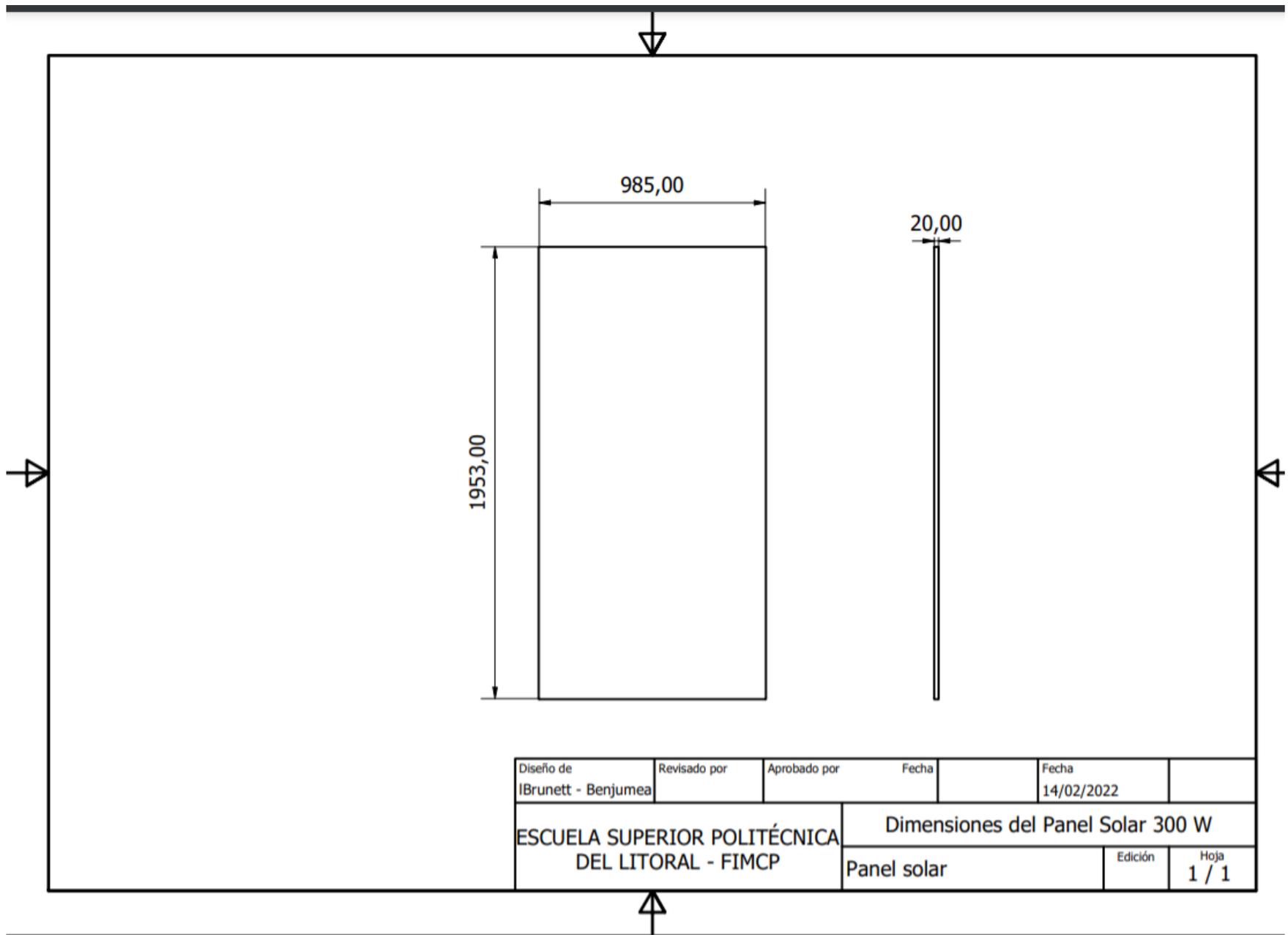
Edition	Sheet 1 / 1
---------	----------------



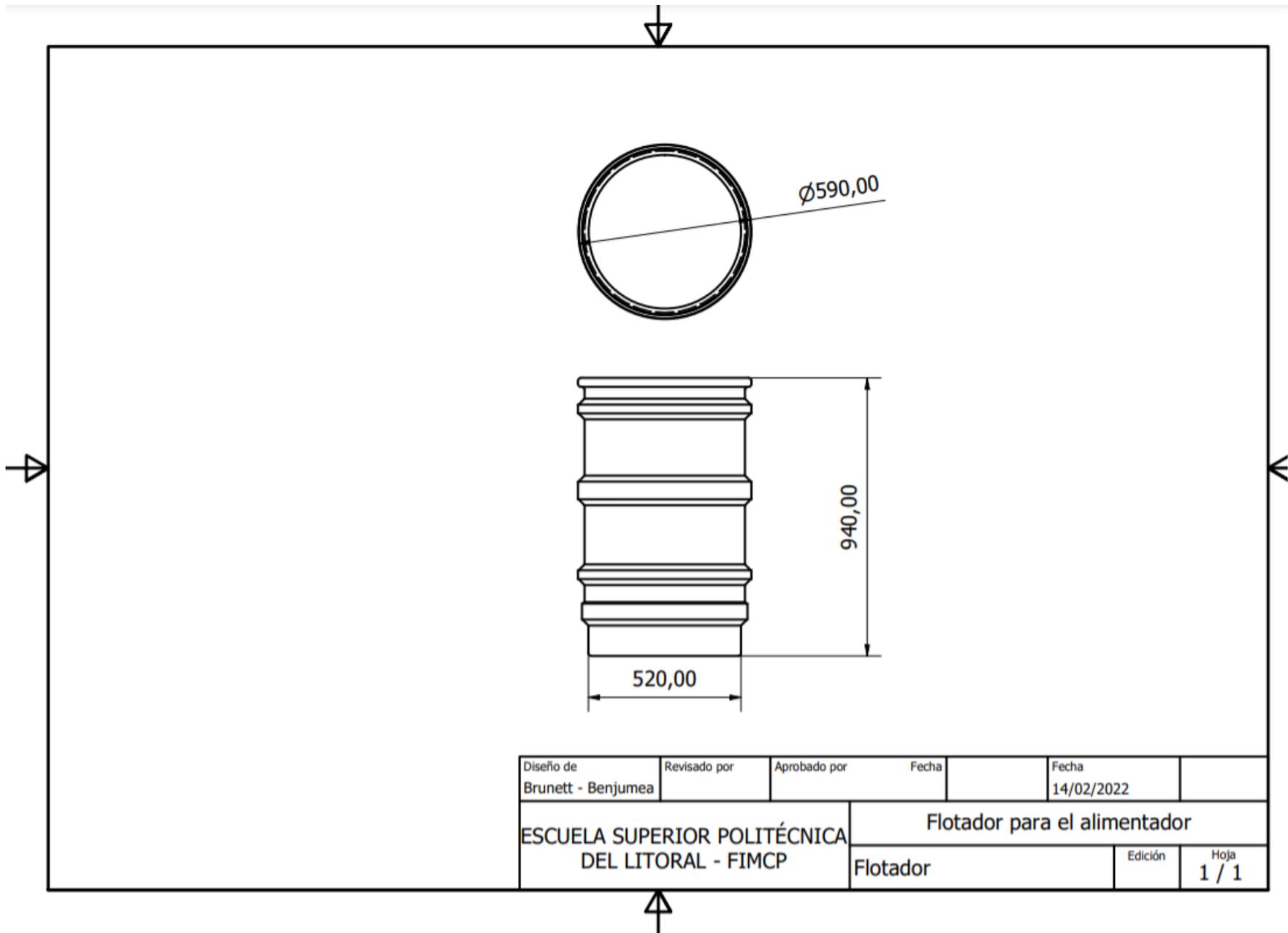
Designed by Brunett-Benjumea	Checked by	Approved by	Date	Date 13/02/2022	
Escuela Superior Politécnica del Litoral - FIMCP			Tolva 2		
			Edition	Sheet 1 / 1	



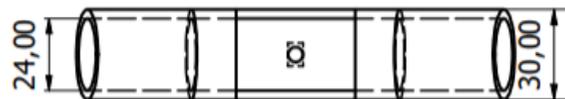
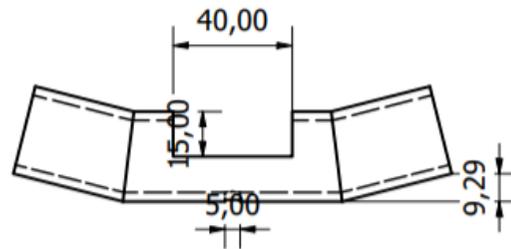
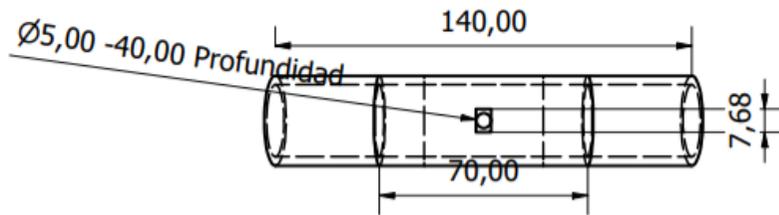
Diseño de Brunett-Benjumea	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 13/02/2022	
Escuela Superior Politecnica del Litoral -FIMCP			Tamaño de AACA		
				Edición	Hoja 1 / 1



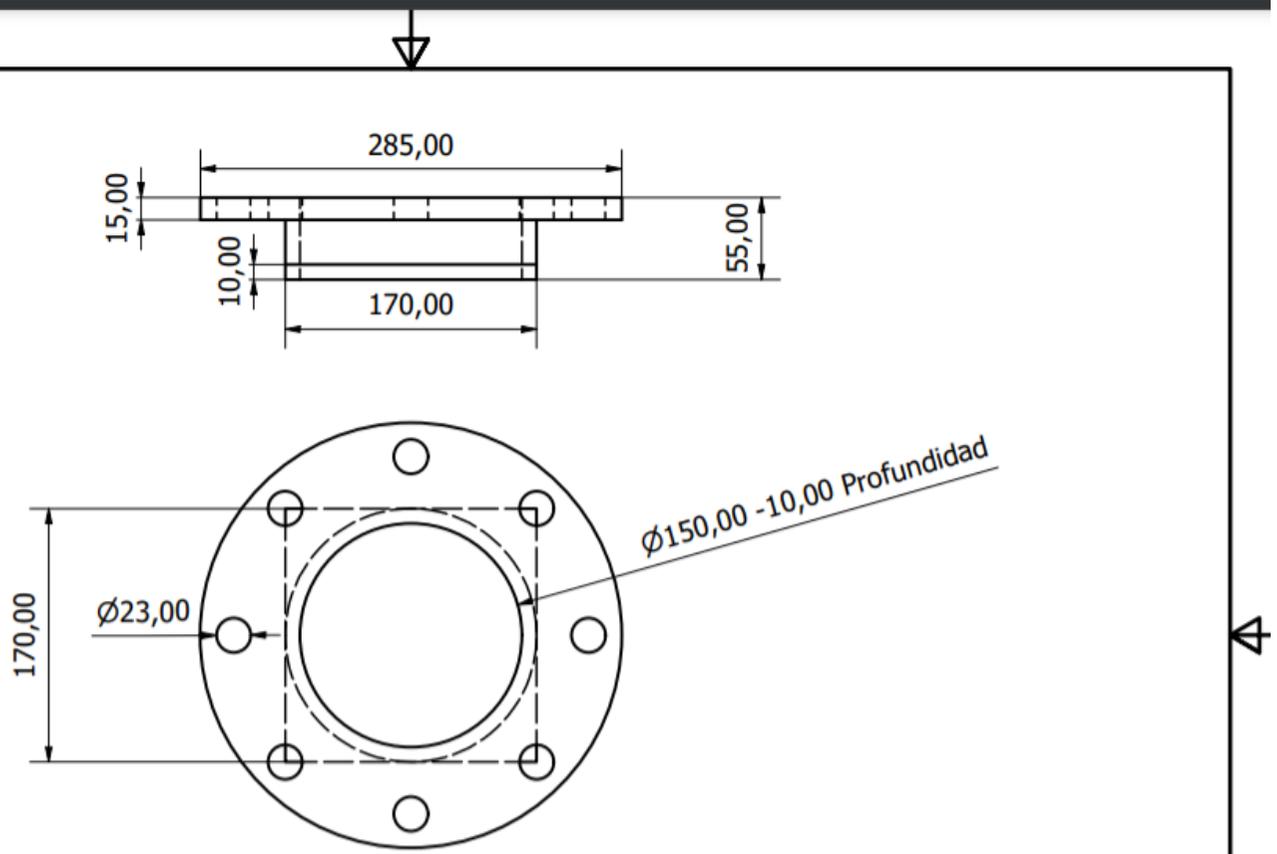
Diseño de IBrunett - Benjumea	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 14/02/2022	
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL - FIMCP			Dimensiones del Panel Solar 300 W		
			Panel solar	Edición	Hoja 1 / 1



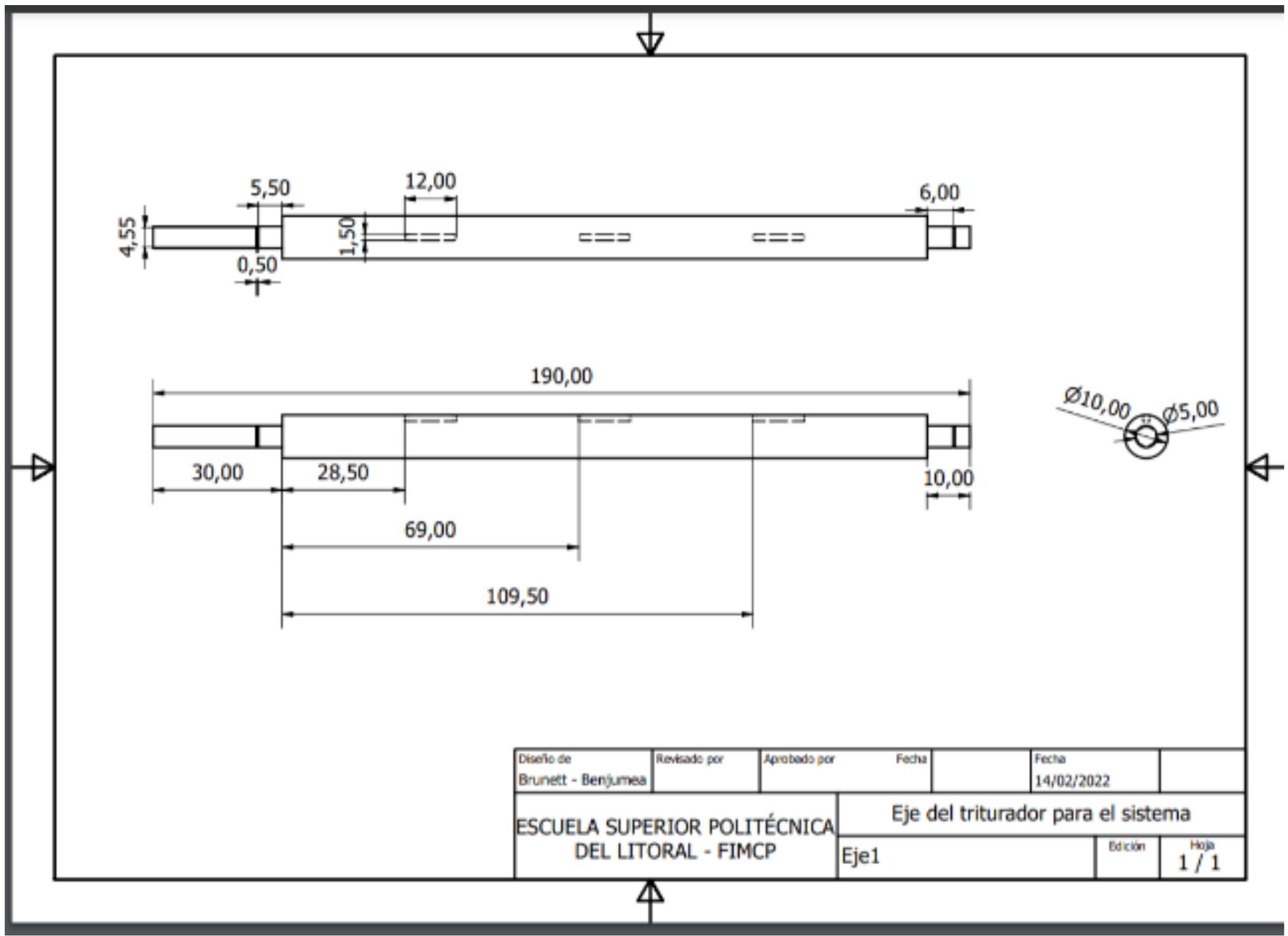
Diseño de Brunett - Benjumea	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 14/02/2022
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL - FIMCP			Flotador para el alimentador	
			Flotador	Edición 1 / 1



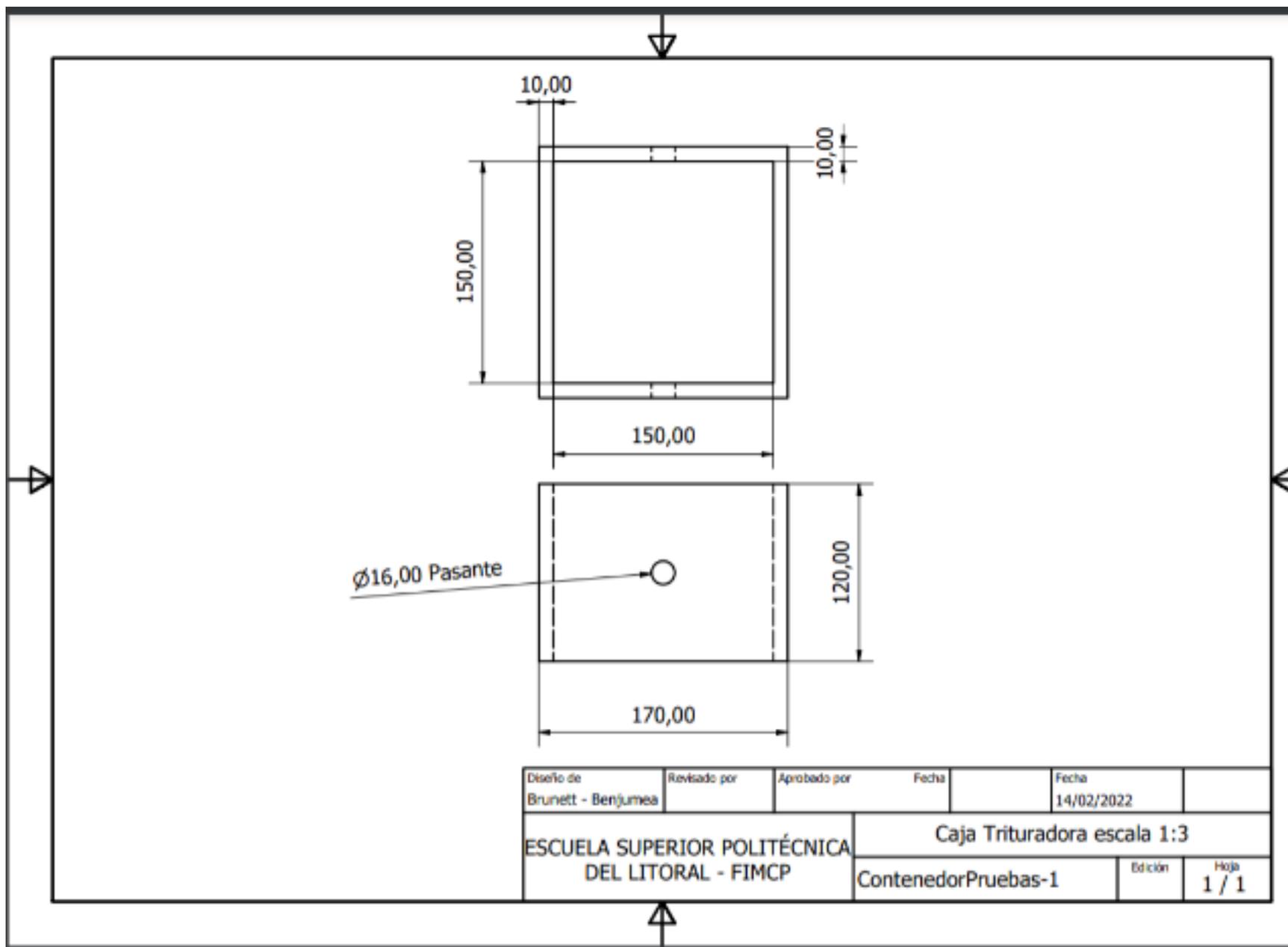
Diseño de Brunett - Benjumea	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 14/02/2022
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL - FIMCP			Dispensor para el alimentador	
			Edición	Hoja 1 / 1
dispensor				

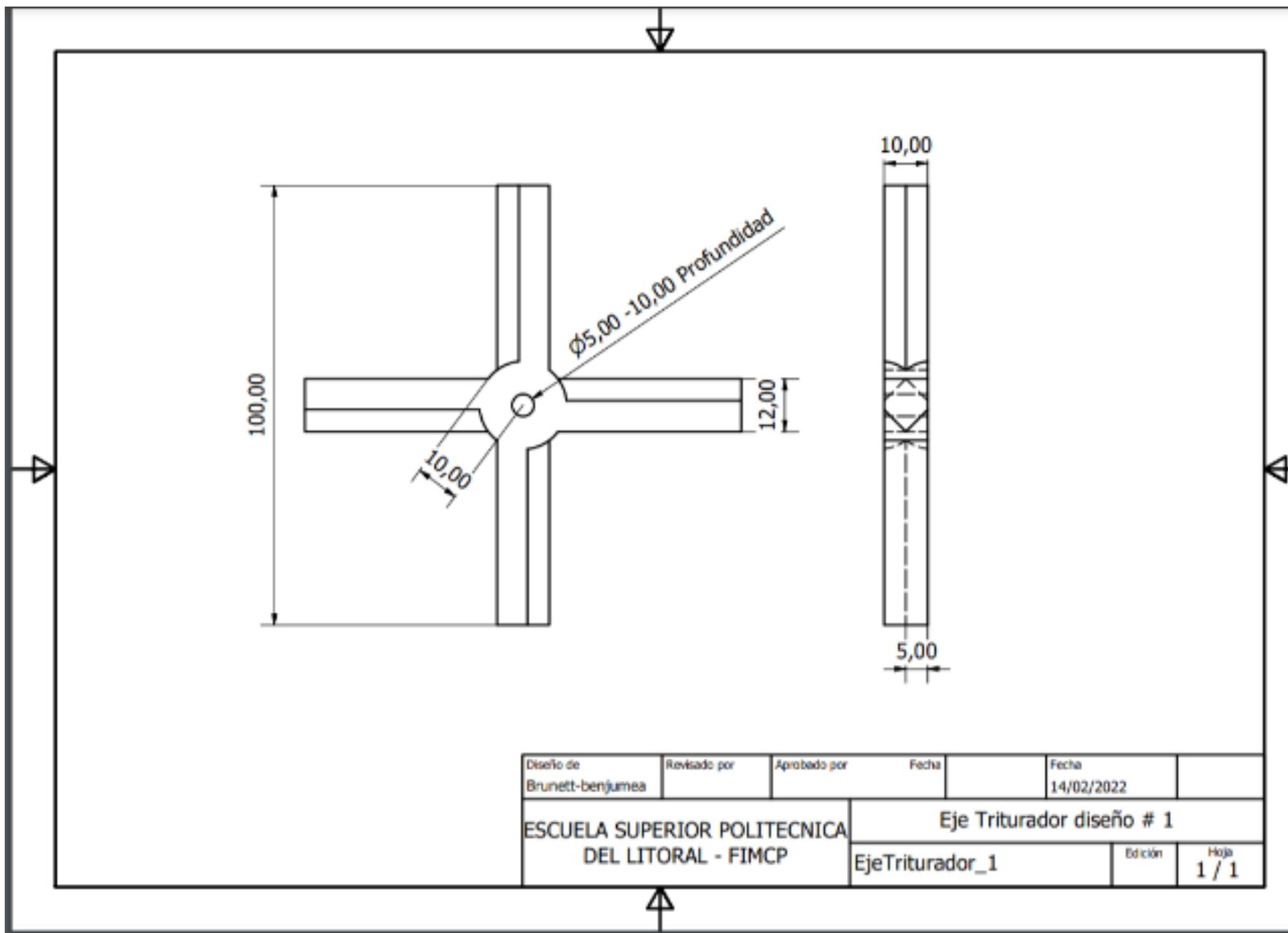


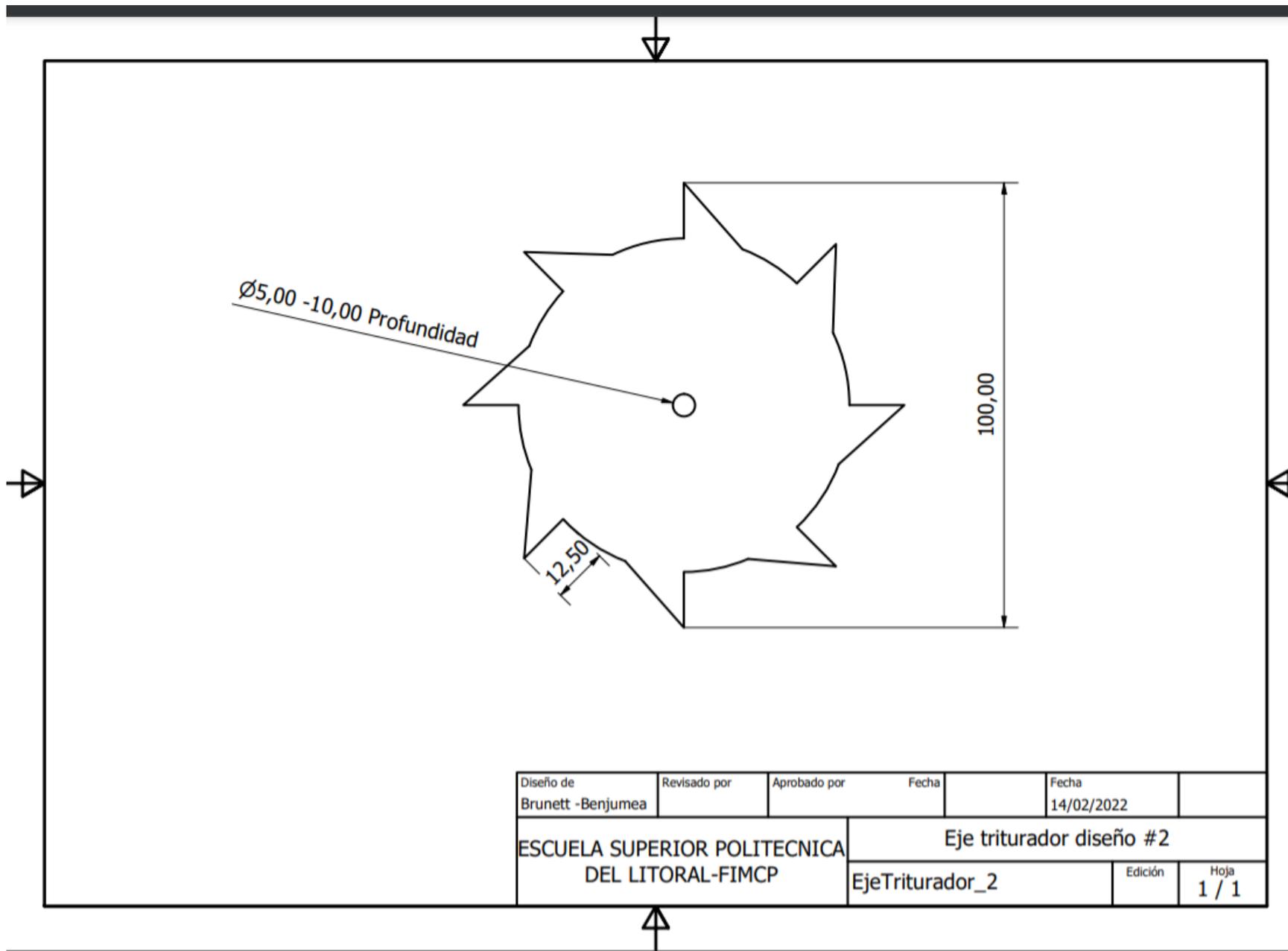
Diseño de Brunett - Benjumea	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 14/02/2022
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL - FIMCP		Brida de acople de Tolva para caja trituradora. PiezaParaColocarBrida15mm		
		Edición	Hoja 1 / 1	



Diseño de Brunett - Benjumea	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 14/02/2022
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL - FIMCP			Eje del triturador para el sistema	
Eje1			Edición	Hoja 1 / 1





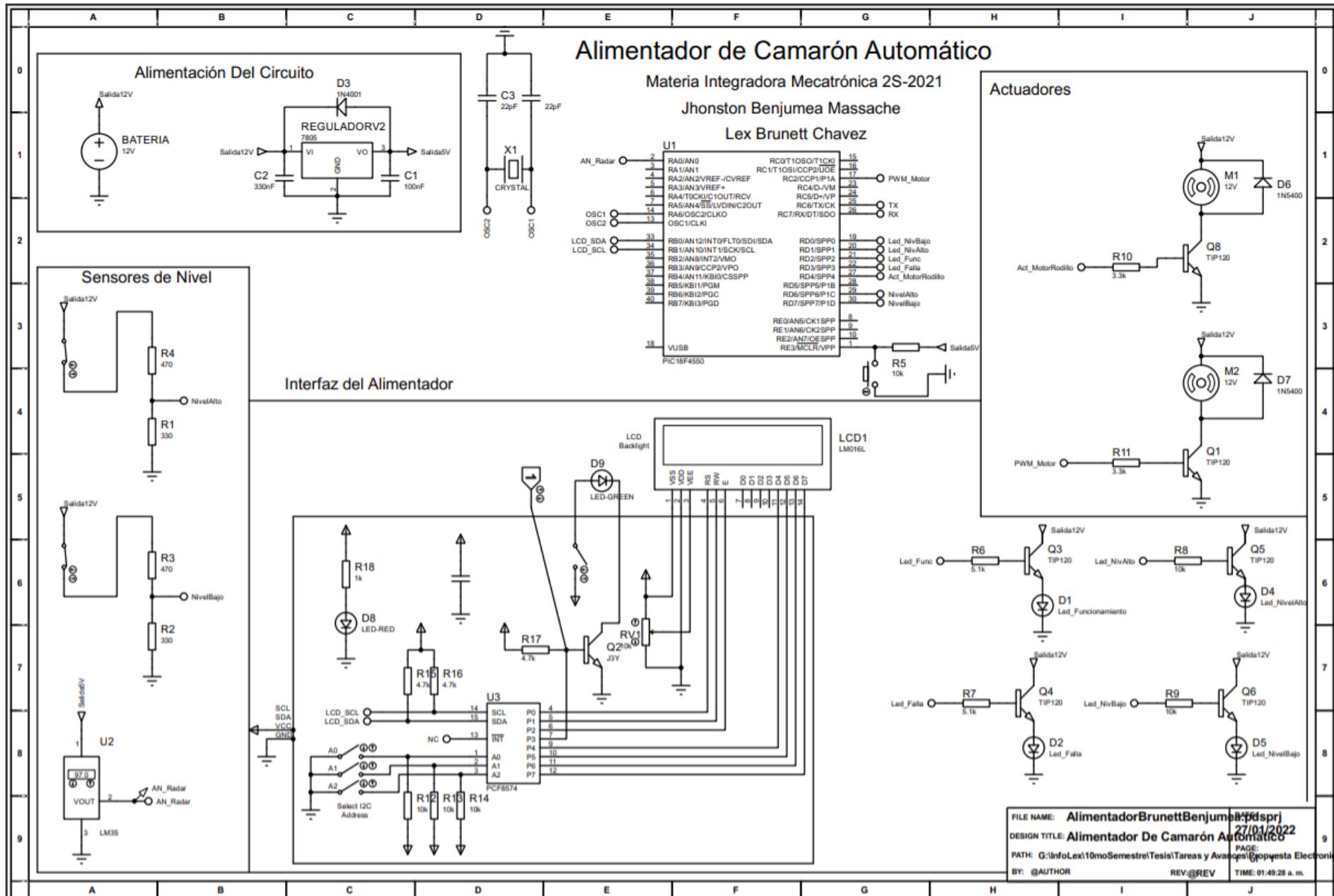


Ø5,00 -10,00 Profundidad

100,00

12,50

Diseño de Brunett -Benjumea	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				14/02/2022	
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL-FIMCP			Eje triturador diseño #2		
			EjeTriturador_2	Edición	Hoja 1 / 1



FILE NAME: AlimentadorBrunettBenjumeaLex.pdf
 DESIGN TITLE: Alimentador De Camarón Automático
 PATH: G:\InfoLex\10moSemestre\Tesis\Tareas y Avances\Boposta Electronica
 BY: @AUTHOR
 REV: @REV
 TIME: 01:49:28 a. m.

Apéndice D

Imágenes adicionales para el análisis mecánico

En esta sección de apéndices se adjuntan el análisis de Fatiga con la herramienta AutoDesk Inventor Nastran para los componentes más críticos en el alimentador, donde mostramos la Tensión de Von Mises, Desplazamiento, Factor de Seguridad y el contorno de Vida según los ciclos de llenado y vaciado de la Tolva.

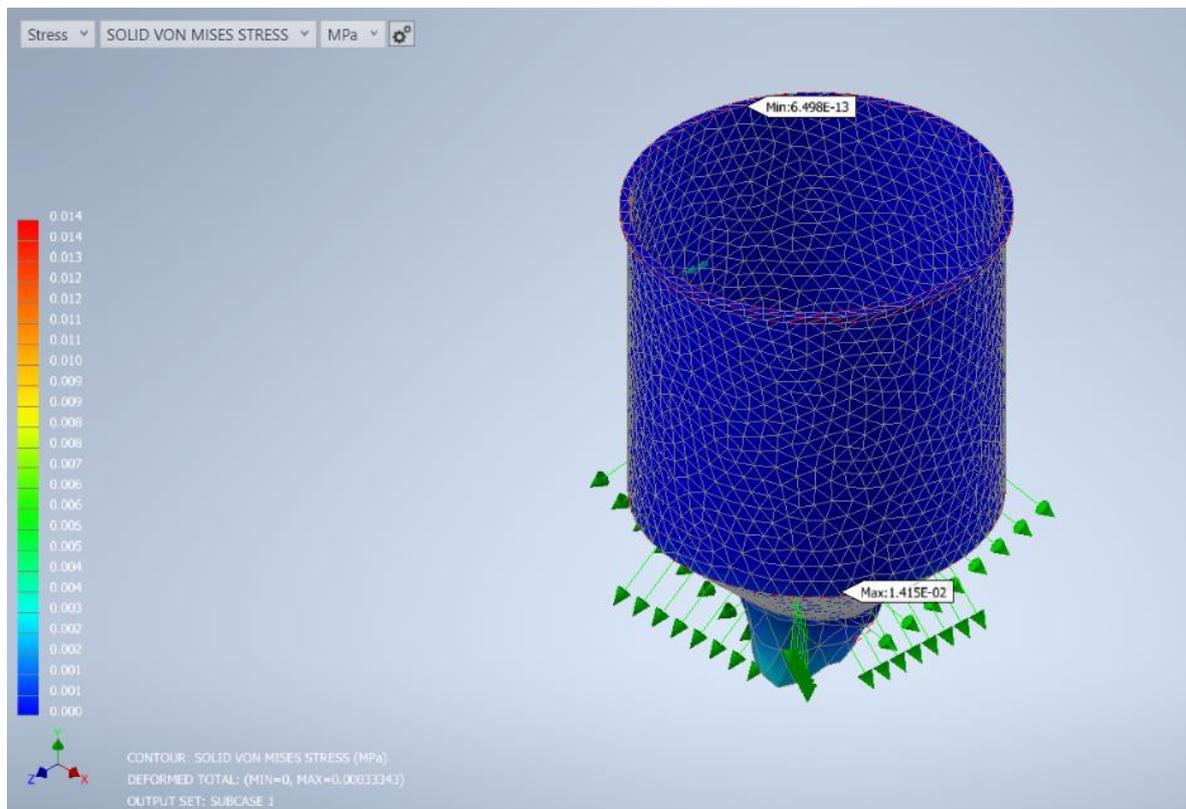


Figura D.16 Tensión de von Mises de tolva 1

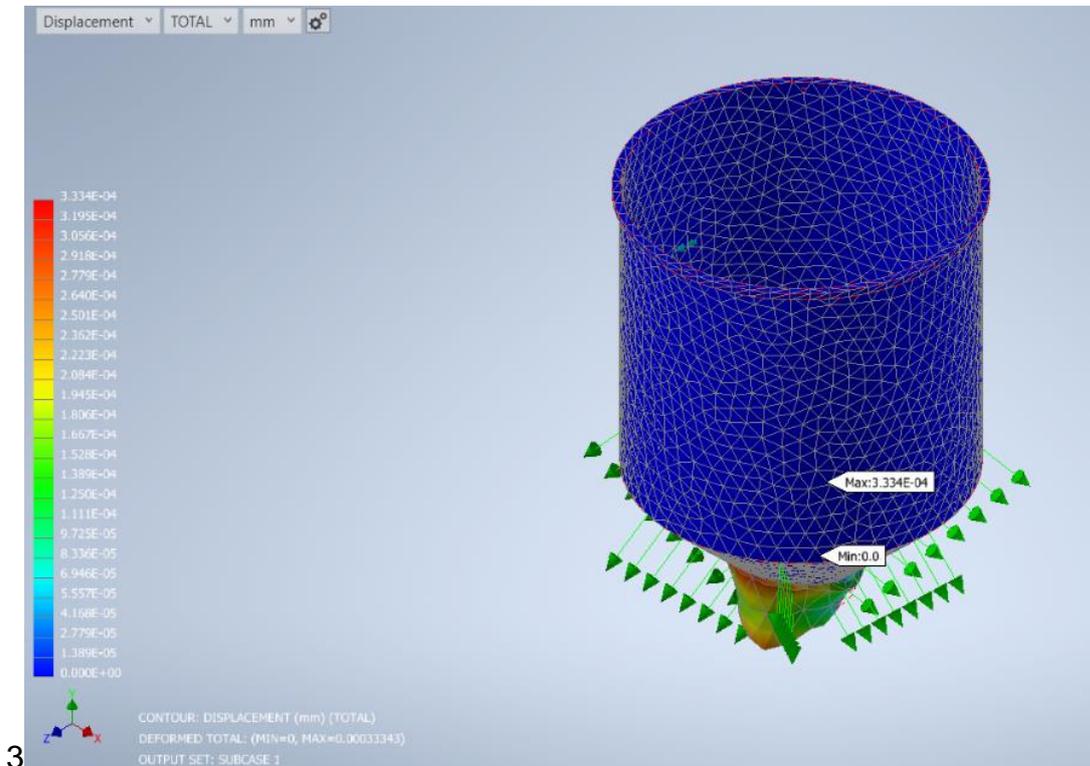


Figura D.17 Desplazamiento de tolva 1

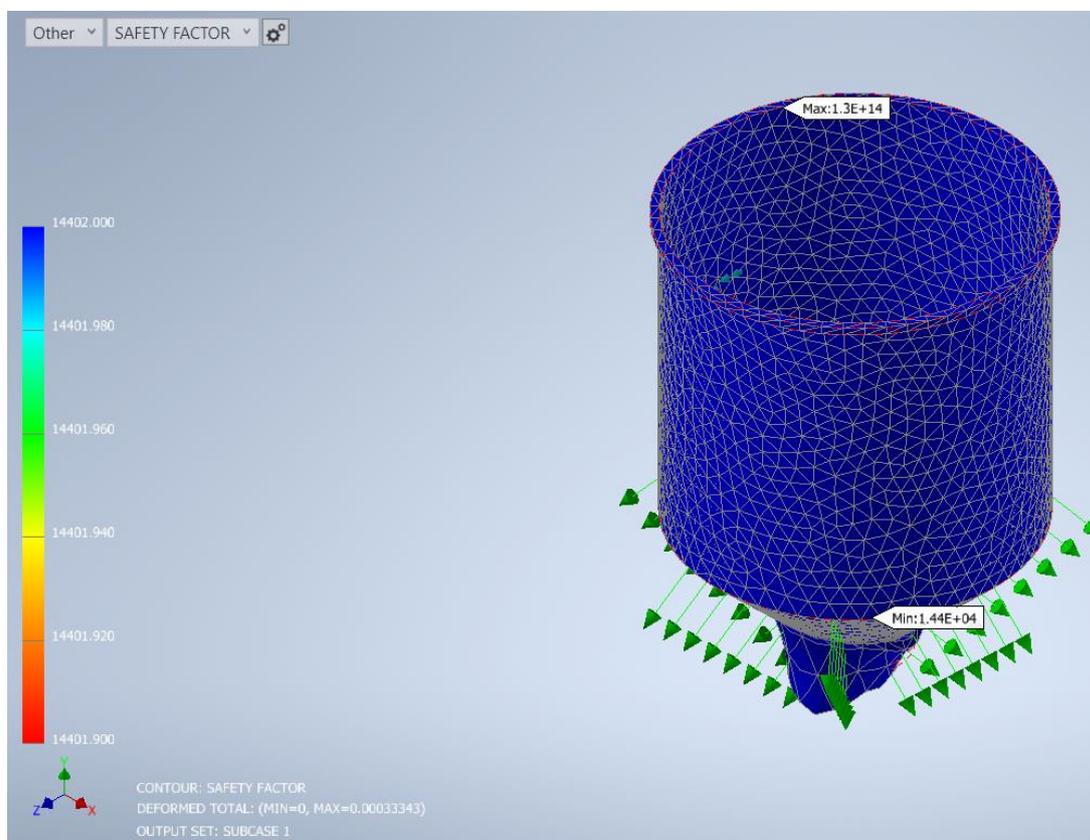


Figura D.18 Factor de seguridad de tolva 1

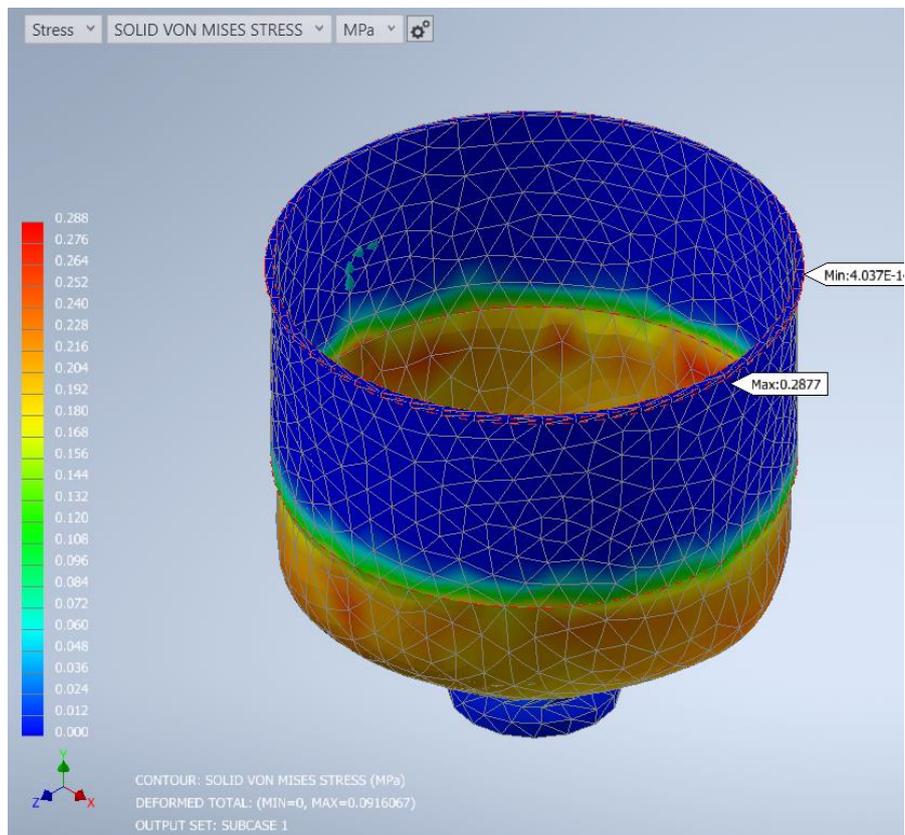


Figura D.19 Tensión de von Mises para tolva 2

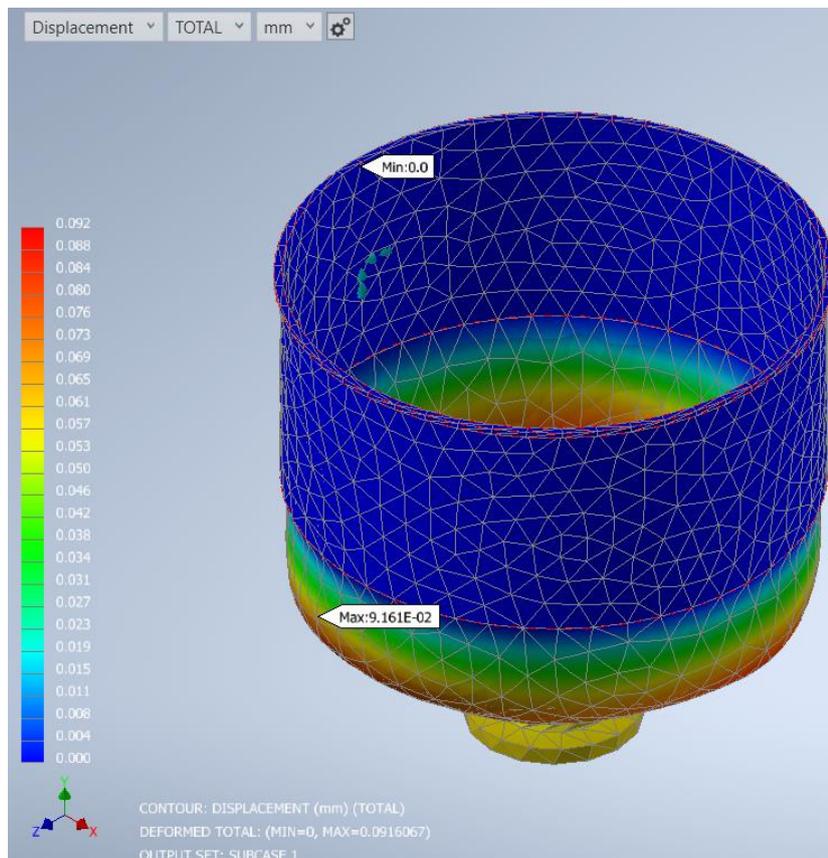


Figura D.20 Desplazamiento para tolva 2

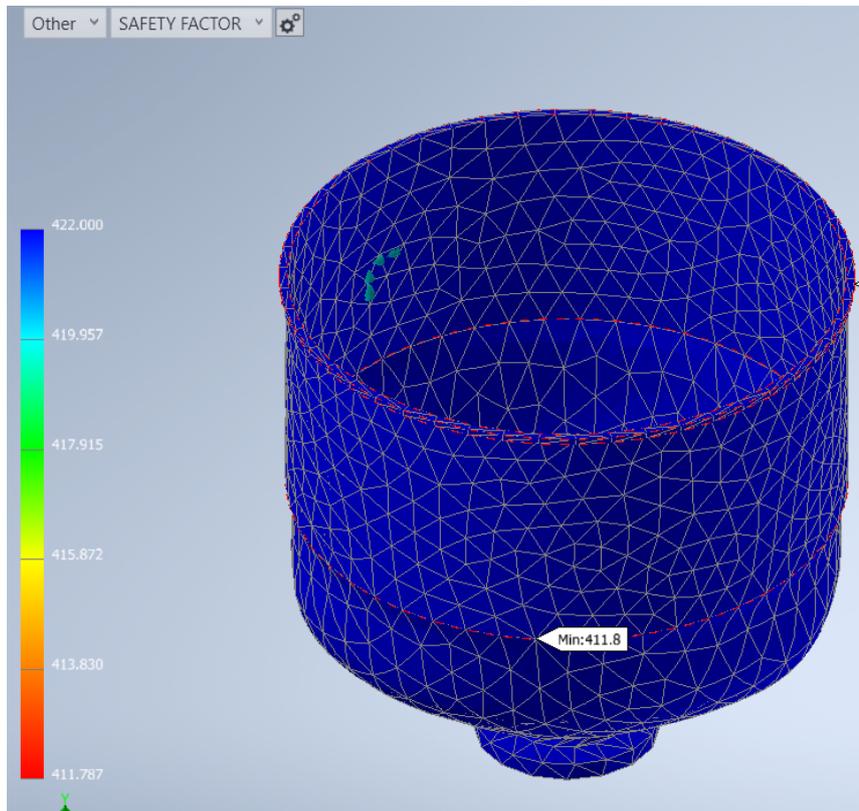


Figura D.21 Factor de seguridad para tolva 2

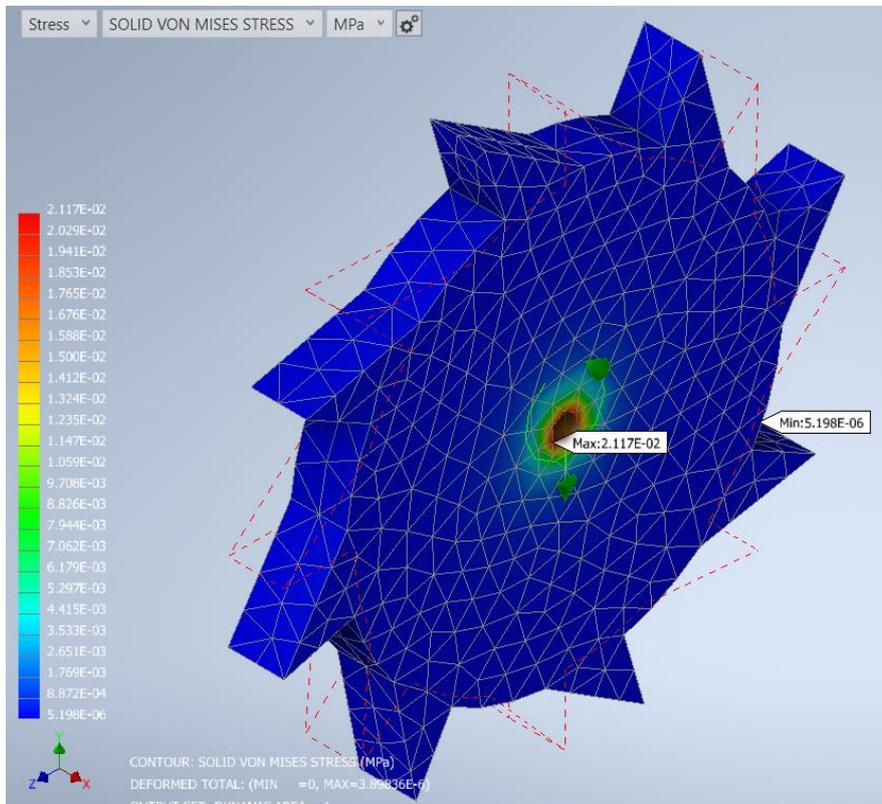


Figura D.22 Tensión de von Mises para diente del triturador diseño 2

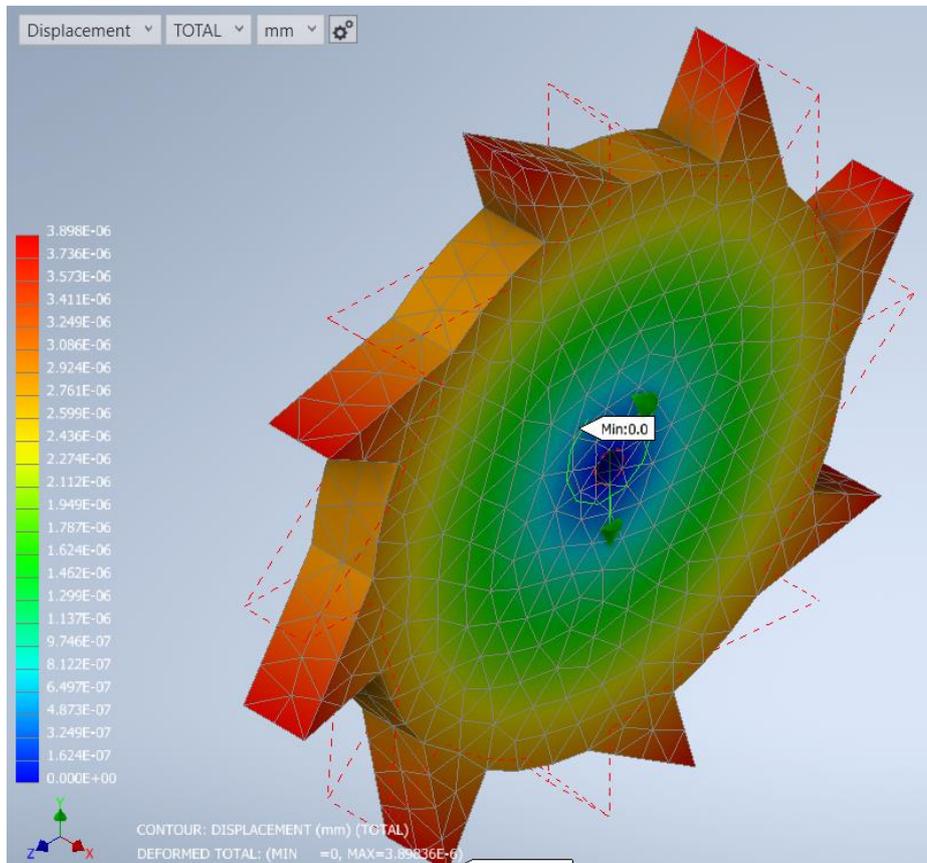


Figura D.23 Desplazamiento para diente del triturador diseño 2

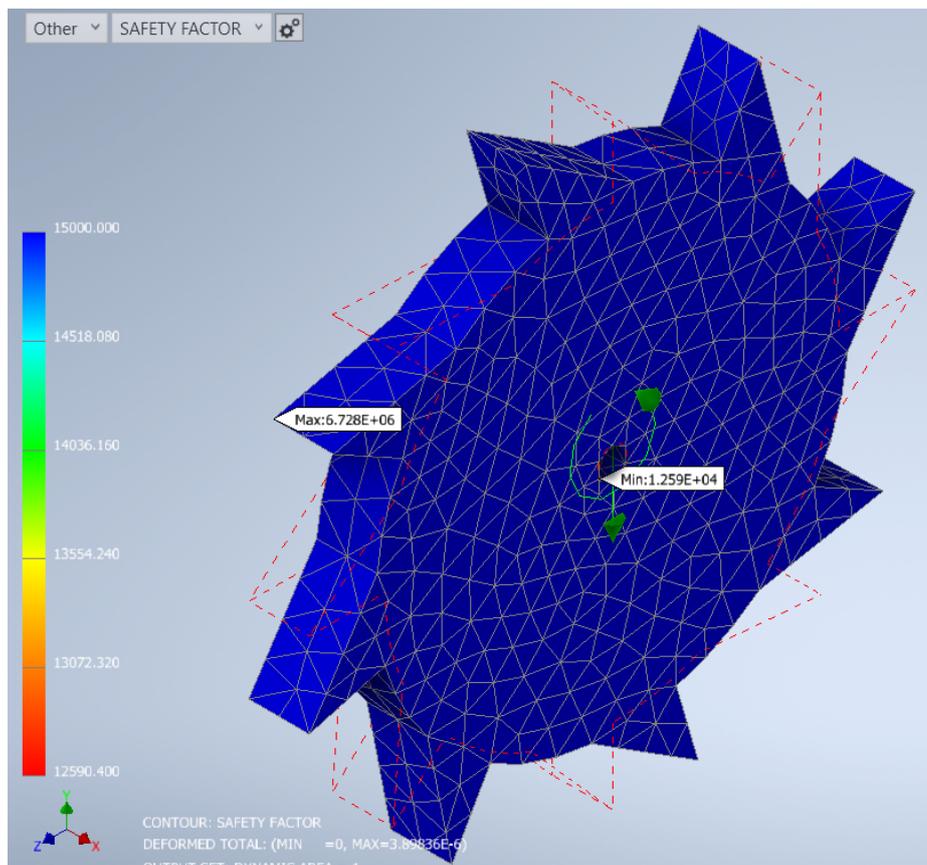


Figura D.24 Factor de seguridad para diente del triturador diseño 2

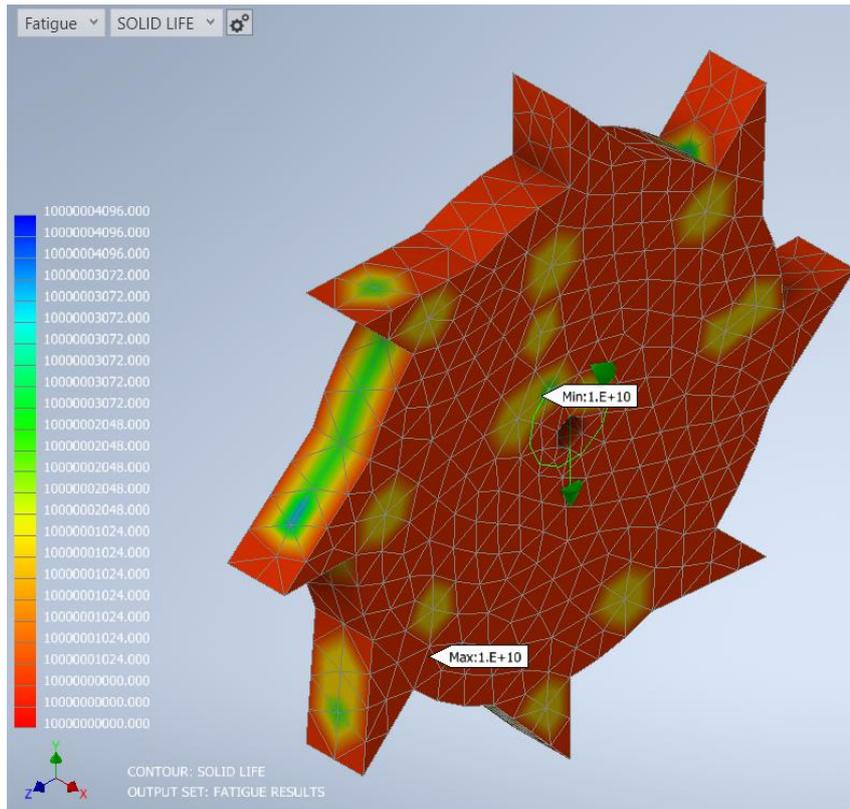


Figura D.25 Ciclos de vida para diente del triturador diseño 2

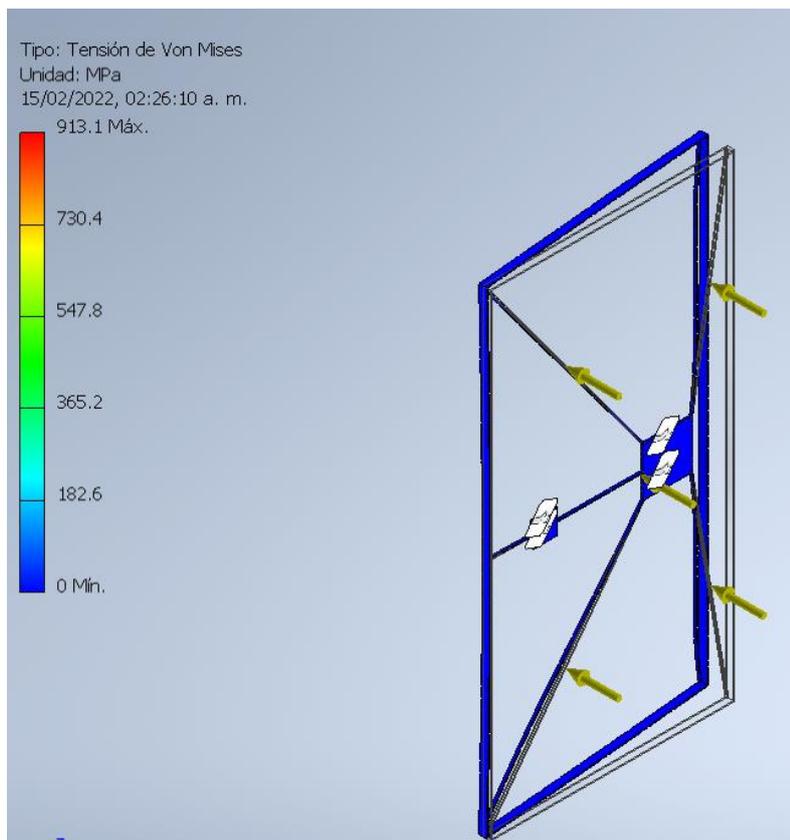


Figura D.26 Tension de von Mises para soporte de panel solar

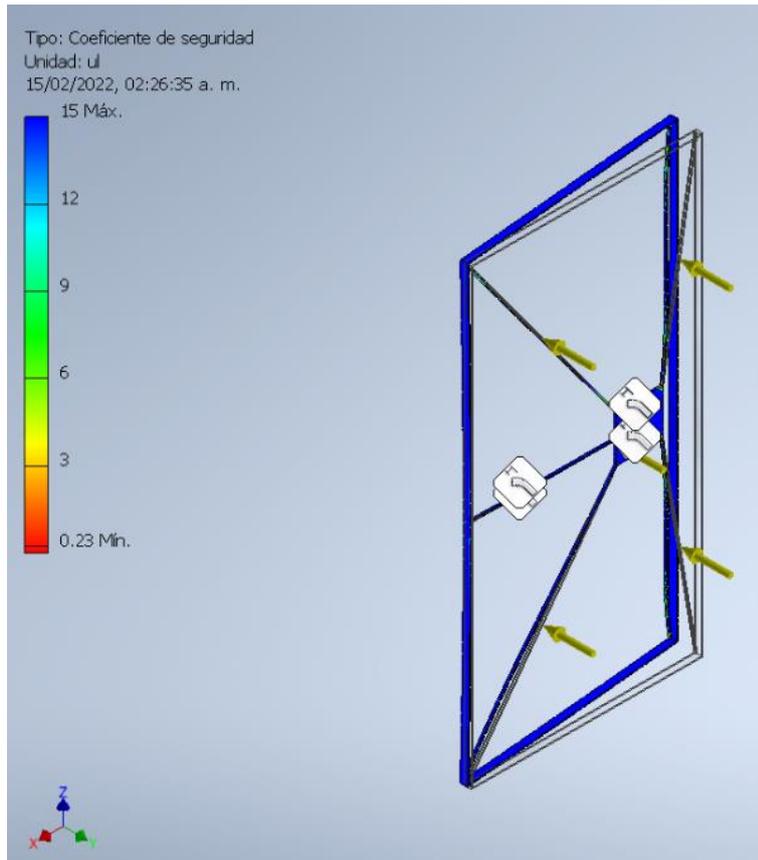


Figura D.27 Factor de seguridad para soporte de panel solar

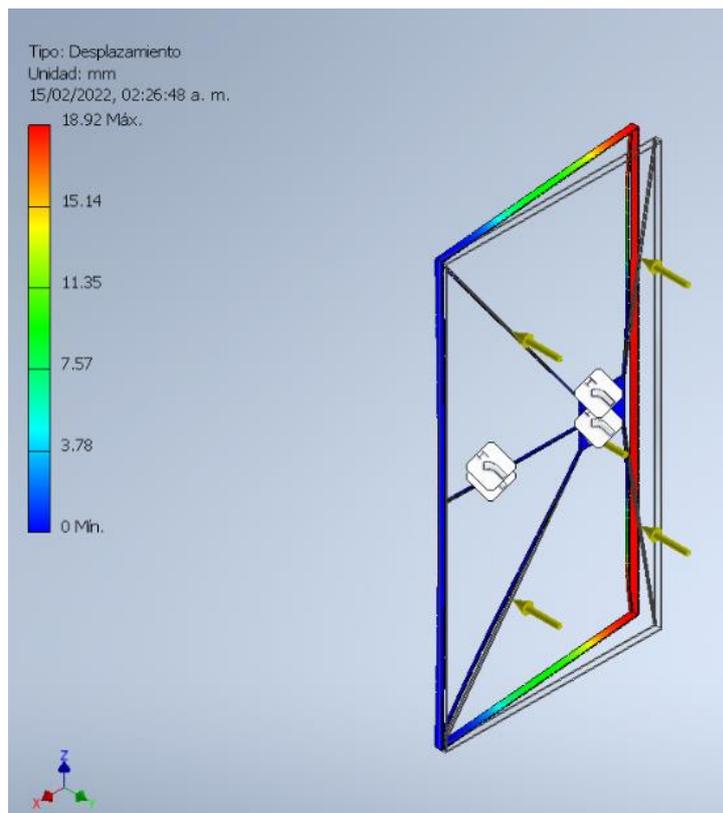


Figura D.28 Desplazamiento para soporte de panel solar

Simulaciones electrónicas

Mediante Imágenes se muestra el ejemplo de simulación del código en Proteus, corrigiendo los tiempos de encendido y mostrando con la pantalla LCD.

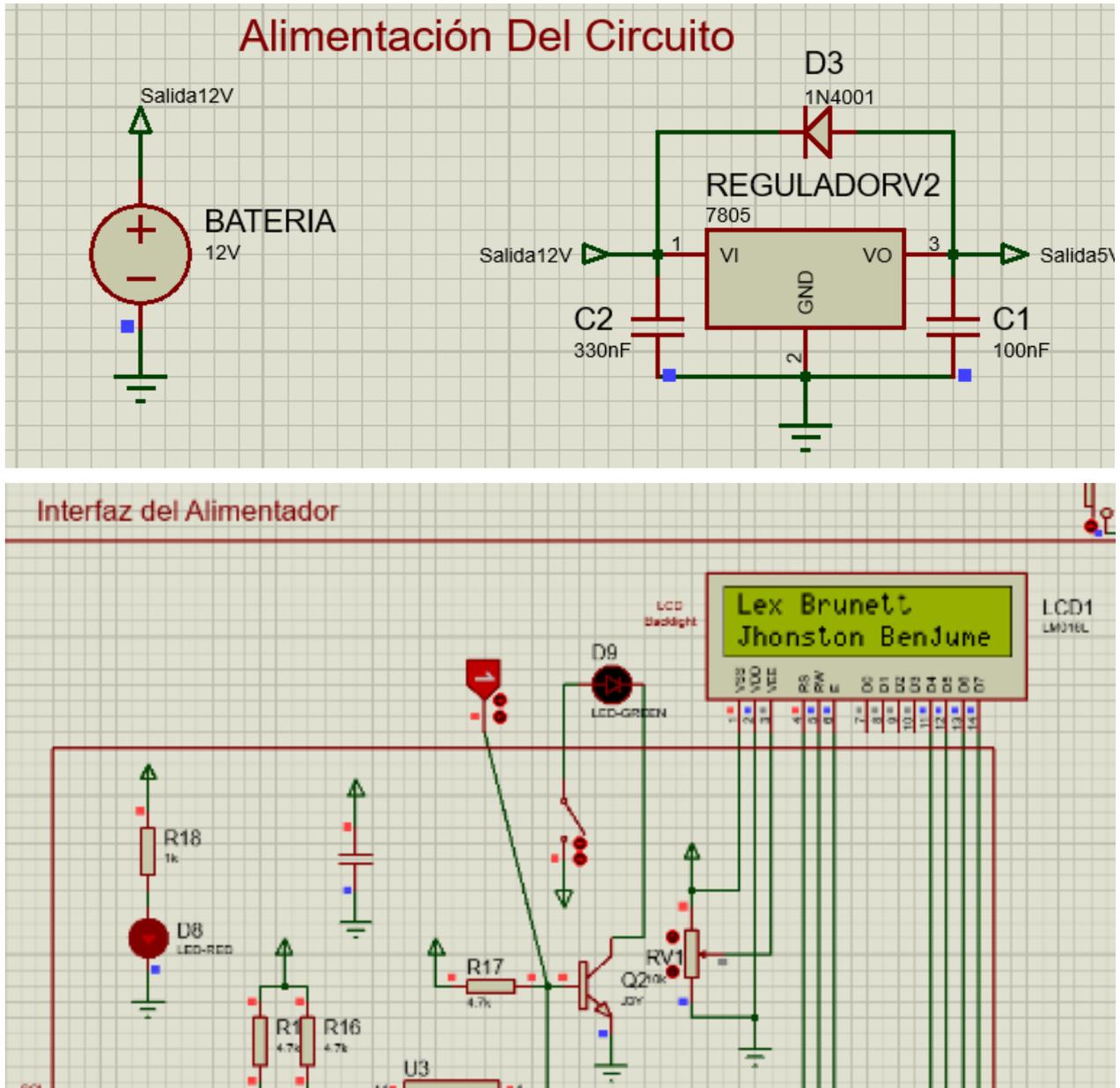


Figura D.29 Inicio del sistema al ser energizado con 12V

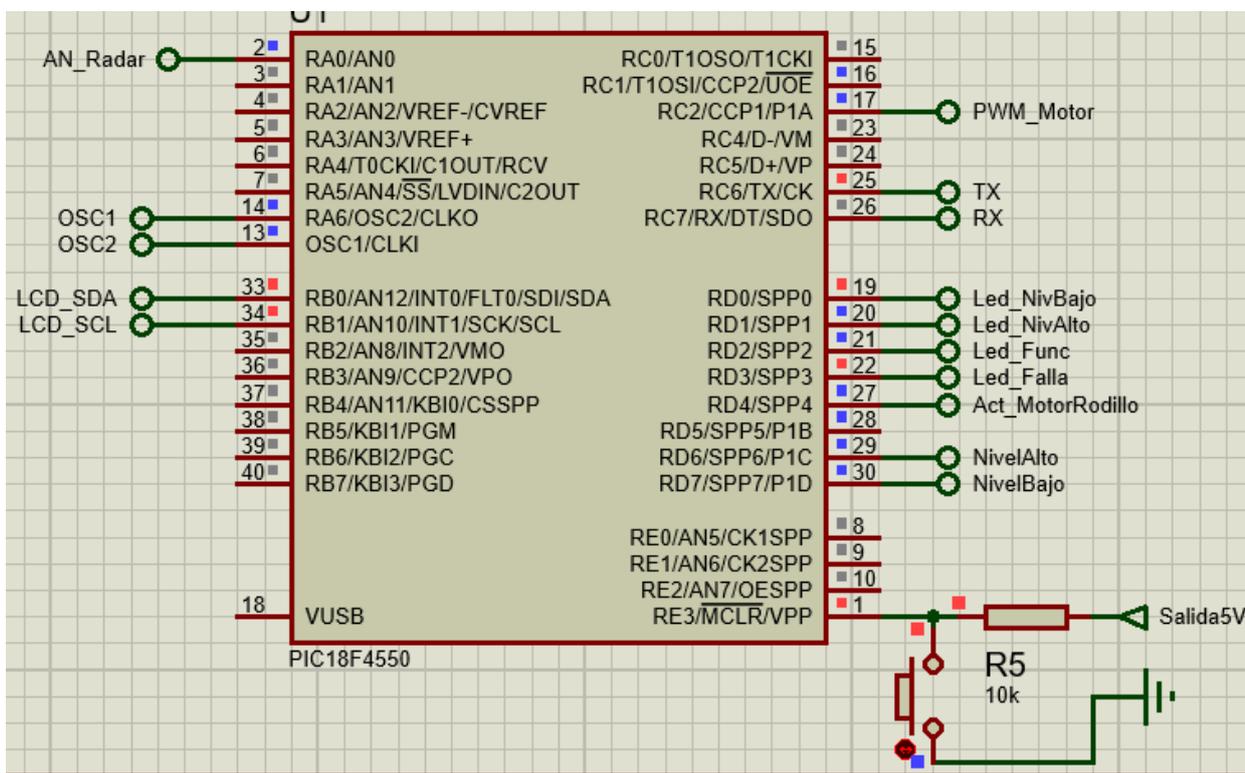
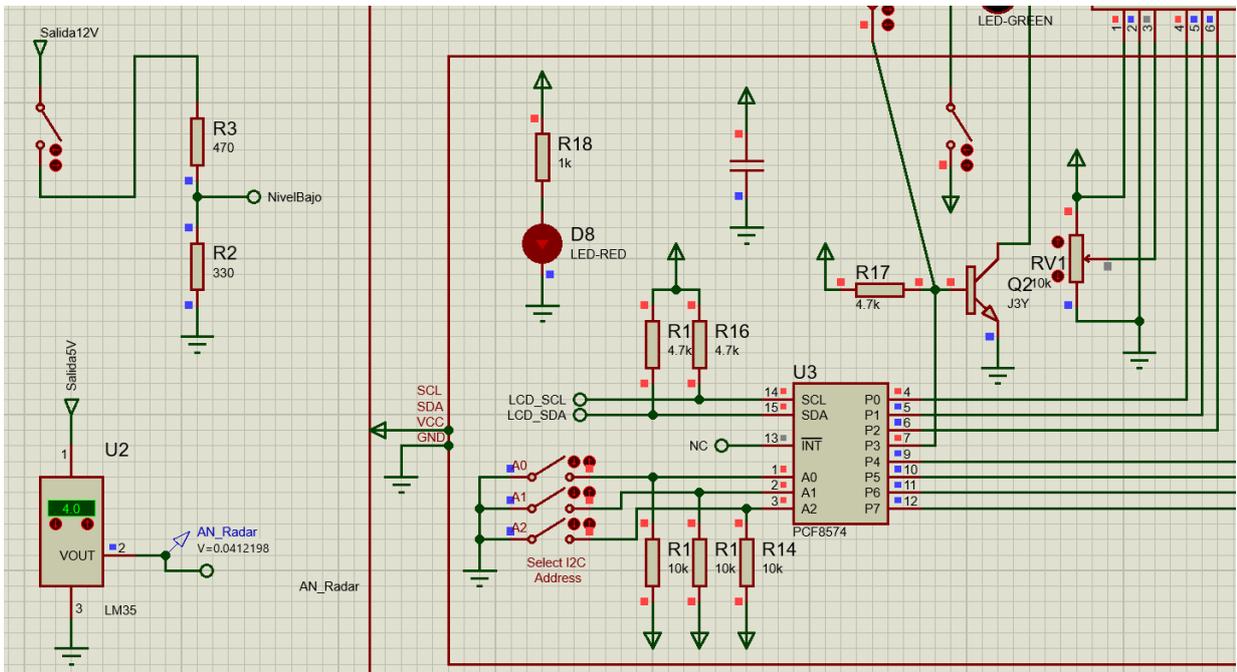


Figura D.30 Basado en el estado de los sensores capacitivos digitales se encienden o apagan Leds

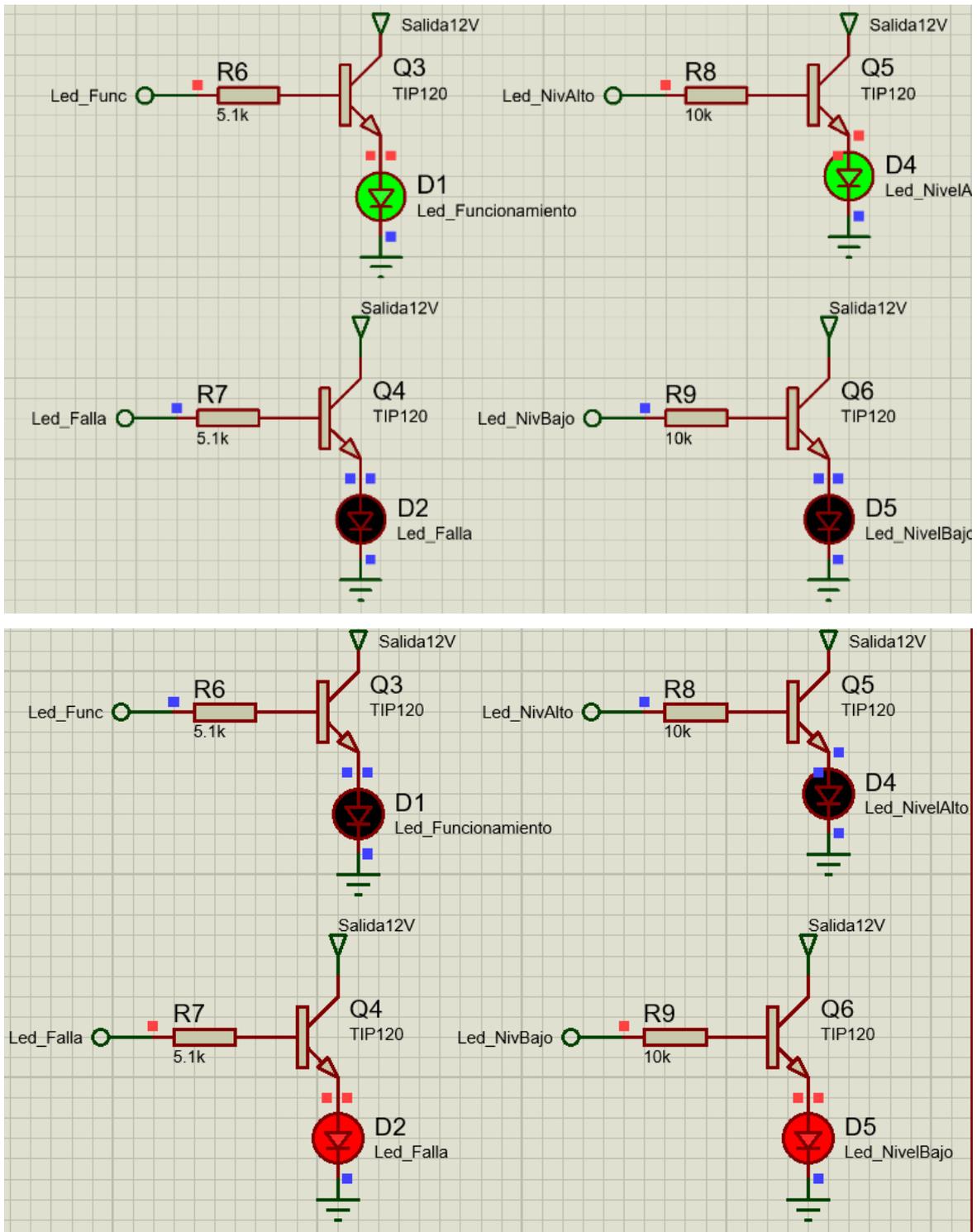


Figura D.31 Encendido y apagado de Leds al funcionar el programa

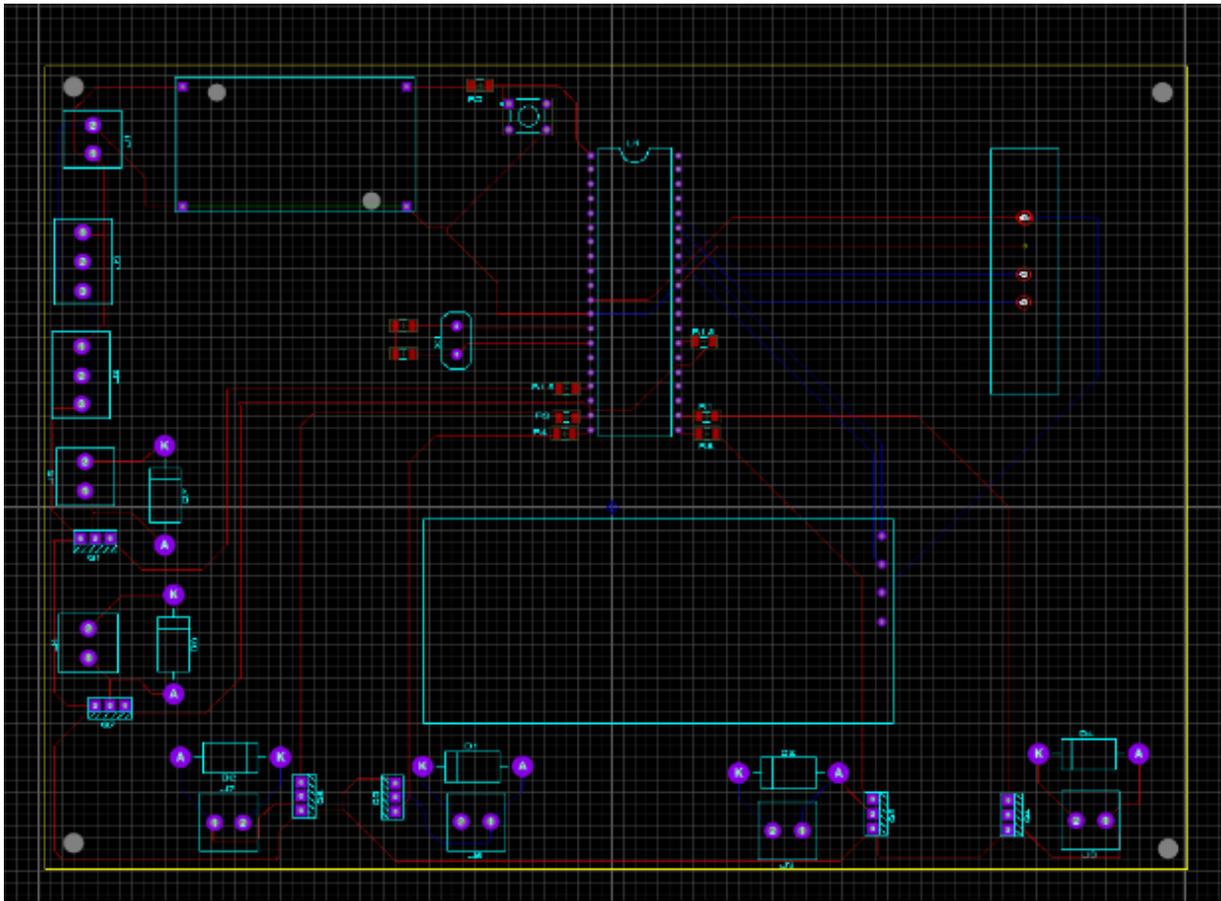


Figura D.32 Diseño de la PCB con el mismo programa en base de los componentes Electrónicos usados.

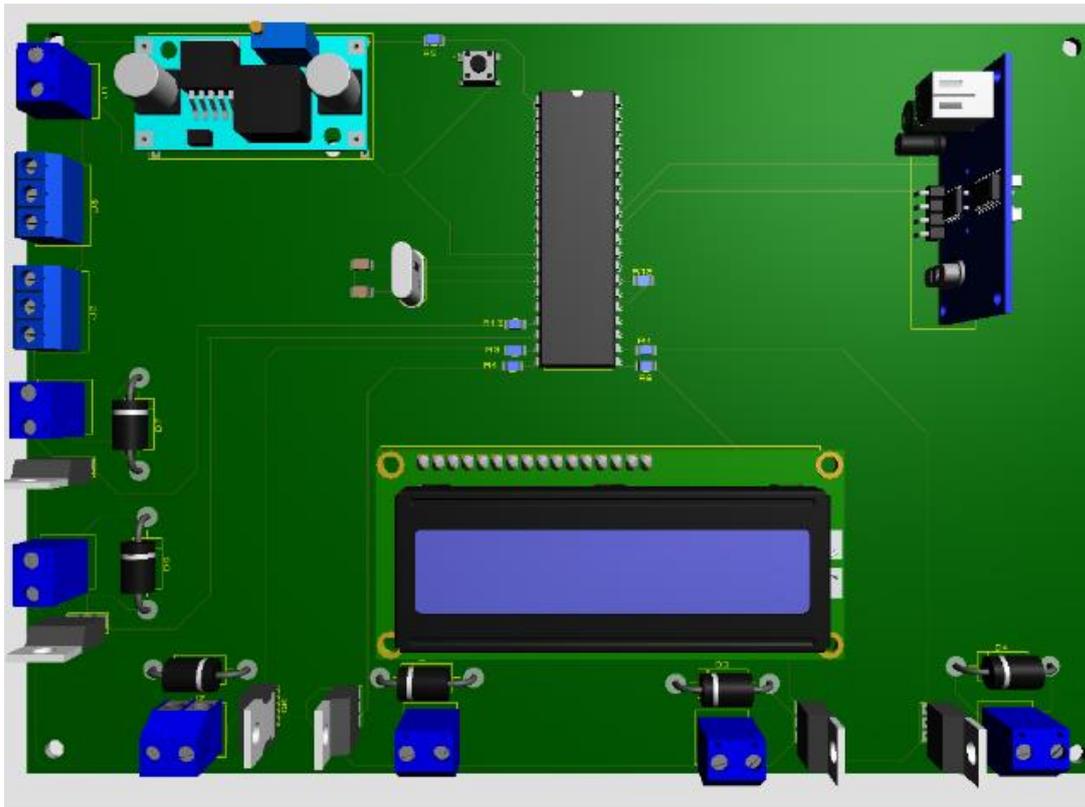


Figura D.33 Imagen frontal del primer prototipo de la PCB del alimentador

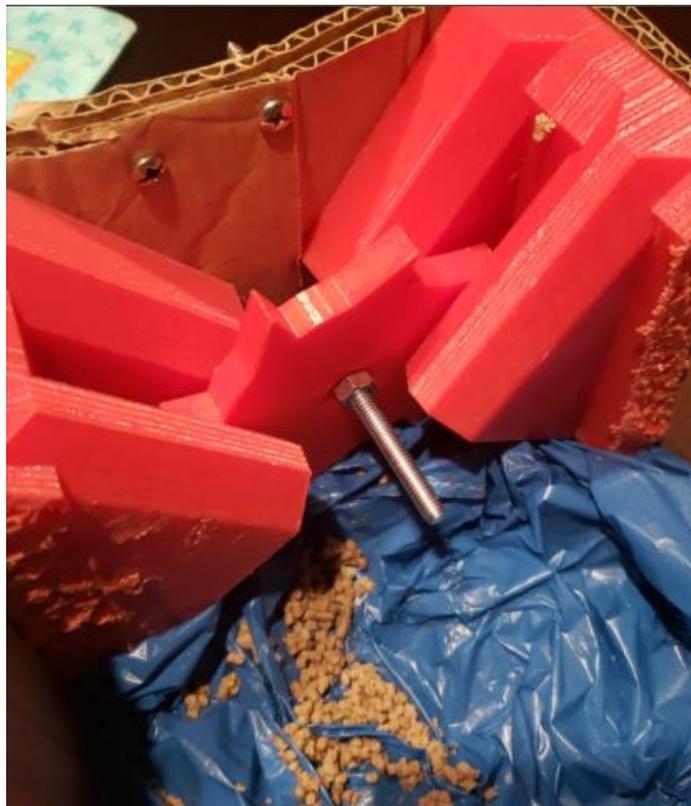


Figura D.34 Distintas pruebas con un saco de balanceado y los trituradores formando grumos



Figura D.35 Otra imagen de pruebas con balanceado mojado y hecho grumos



Figura D.36 Brida comercial que puede ser utilizada para la conexión de la Tolva y la Caja de trituración



Figura D.37 Algunos de los componentes previo al armado del Protoboard.



Figura D.38 Pruebas de dispersión con un motor y en un lugar abierto



Figura D.39 Armado del circuito en un Protoboard

Código del programa

Se muestra desde la interfaz de PIC C compiler el código utilizado para el funcionamiento del alimentador.

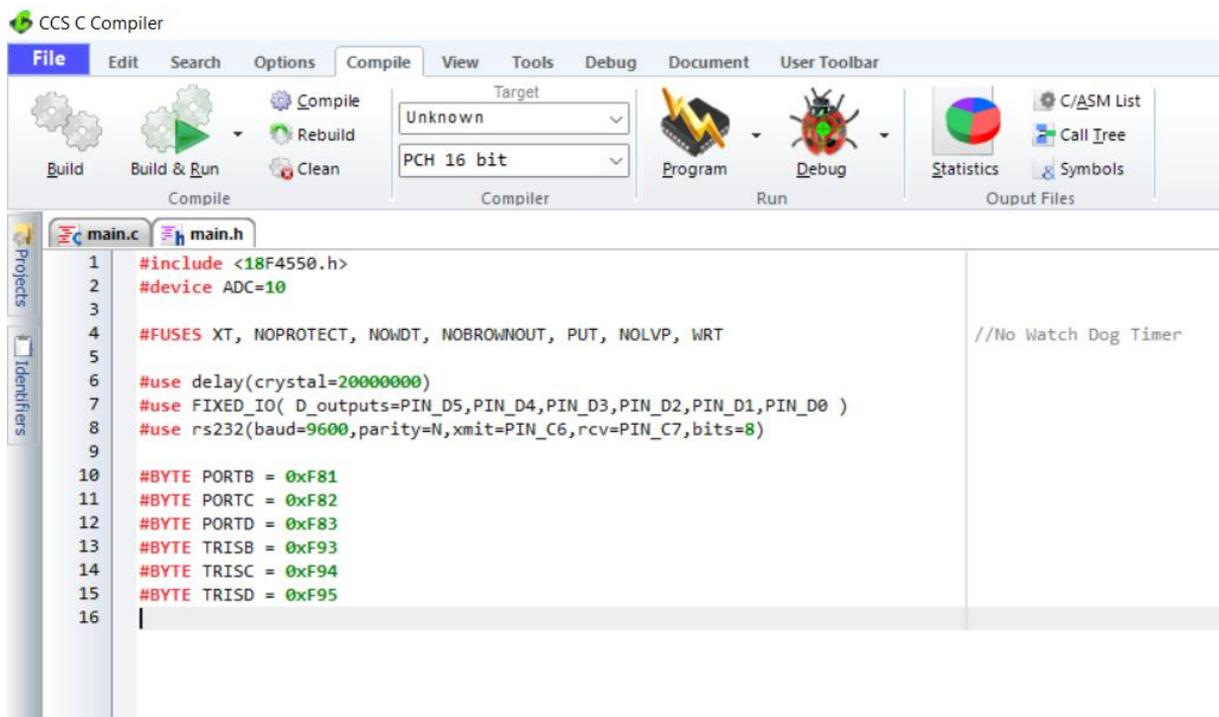


Figura D.40 El header del código donde definimos los Fuses, ADC y los puertos en el PIC

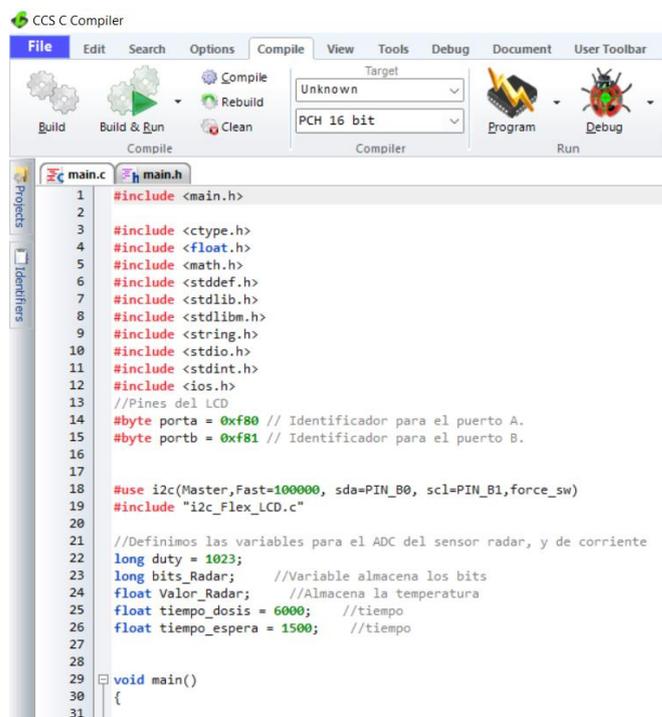


Figura D.41 Llamado de las librerías y configuración I2C para la pantalla LCD

```

33
34 setup_adc_ports(AN0_TO_AN4, VSS_VDD);
35 setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);
36 setup_timer_2(T2_DIV_BY_4, 255, 1);
37 setup_ccp1(CCP_PWM);
38 lcd_init(0x4E, 16, 2);
39 lcd_backlight_led(ON); //Enciende la luz de Fondo
40 // Envio de Strings al LCD usando la función printf
41 printf(lcd_putc, "INTEGRADORA");
42 delay_ms(500);
43 printf(lcd_putc, "\nMECATRONICA ");
44 delay_ms(500);
45 printf(lcd_putc, "\nLex Brunett ");
46 delay_ms(500);
47 printf(lcd_putc, "\nJhonston Benjumea ");
48 delay_ms(500);
49 lcd_putc("\f"); //Borramos cualquier dato que este en la LCD
50 lcd_backlight_led(OFF);
51
52 while(TRUE)
53 {
54     lcd_backlight_led(OFF);
55     lcd_clear(); //Limpia el LCD
56     //Primera parte de los sensores para muestreo de nivel de tolva
57     output_low(PIN_C1);
58     output_low(PIN_D4);
59     if((input(PIN_D6)==1))//La tolva esta en nivel alto
60     {
61         //encendemos led de confirmacion de nivel alto
62         output_high(PIN_D1);
63         //apagamos led de confirmacion de nivel bajo
64         output_low(PIN_D0);
65         //Realizar la dosificacion
66         output_high(PIN_D2); //Encender led funcionamiento
67         delay_ms(100);
68         set_pwm1_duty(1023); //encender motor dispersor pwm
69         delay_ms(tiempo_espera); //15 segundos
70         output_low(PIN_C1); //apagamos motor
71         delay_ms(100);

```

Figura D.42 Configuración del ADC y mostrando los primeros avisos de la LCD

```

72 //ENCENDIDO MOTOR RODILLOS
73 output_high(PIN_D4); //Encender motor rodillos
74 set_pwm1_duty((int16)duty); //encender motor dispersor
75 delay_ms(tiempo_dosis); //tiempo
76 output_low(PIN_C1);
77 delay_ms(100);
78 delay_ms(tiempo_espera);
79 output_low(PIN_D4); //apagamos motor rodillos
80 //set_pwm1_duty(0);
81 //Lectura de sensor analogico
82 lcd_backlight_led(ON);
83 set_adc_channel(0); //Selecciono el canal 0 (RA0)
84 delay_ms(1); //llamo retardo de 1 ms
85 bits_Radar=read_adc(); //Guardo el dato del LM en tempe
86 Valor_Radar=floor(bits_Radar*0.4882); //Conversion de bits a temperatura
87 lcd_gotoxy(1,1); //Ubiquese en la posicion 1,1
88 lcd_putc("Tolva: ");
89 lcd_gotoxy(8,1); //Ubiquese en la posicion 2,2
90 printf(lcd_putc, "%g\n", Valor_Radar); //Muestra el valor numerico de la conversionconversion
91 lcd_gotoxy(15,1); //Ubiquese en la posicion 1,1
92 lcd_putc("%");
93 delay_ms(100);
94 lcd_putc("\f");
95 delay_ms(100);
96
97
98 } else{ //Si esta encendido el sensor de nivel bajo y apagado el nivel alto, se debe proceder a encender los leds de aviso y leer el sensor de radar para mostrar en pantalla el nivel
99
100 //apagamos led de confirmacion de nivel alto
101 output_low(PIN_D1);
102 if((input(PIN_D7)==1))//La tolva esta en nivel alto
103 {
104     //apagamos led de confirmacion de nivel bajo
105     lcd_backlight_led(OFF);
106     output_low(PIN_D0);
107     //Realizar la dosificacion
108     output_high(PIN_D2); //Encender led funcionamiento
109     delay_ms(100);
110     set_pwm1_duty(1023); //encender motor dispersor pwm

```

Figura D.43 Secuencia de encendido de Motor de rodillos y dispersor

```

111     delay_ms(tiempo_espera); //15 segundos
112     output_low(PIN_C1); //apagamos motor
113     delay_ms(100);
114     //ENCENDIDO MOTOR RODILLOS
115     output_high(PIN_D4); //Encender motor rodillos
116     set_pwm1_duty((Int16)duty); //encender motor dispensor
117     delay_ms(tiempo_dosis); //tiempo
118     output_low(PIN_C1);
119     delay_ms(100);
120     delay_ms(tiempo_espera);
121     output_low(PIN_D4); //apagamos motor rodillos
122     //set_pwm1_duty(0);
123     //Lectura de sensor analogico
124     lcd_backlight_led(ON);
125     set_adc_channel(0); //Selecciono el canal 0 (RA0)
126     delay_ms(1); //llamo retardo de 1 ms
127     bits_Radar=read_adc(); //Guardo el dato del LM en tempe
128     Valor_Radar=floor(bits_Radar*0.4882); //Conversion de bits a temperatura
129     lcd_gotoxy(1,1); //Ubiquese en la posición 1,1
130     lcd_putc("Tolva: ");
131     lcd_gotoxy(8,1); //Ubiquese en la posición 2,2
132     printf(lcd_putc, "%g\n", Valor_Radar); //Muestra el valor numerico de la conversionconversion
133     lcd_gotoxy(15,1); //Ubiquese en la posición 1,1
134     lcd_putc("%");
135     delay_ms(100);
136     lcd_putc("\f");
137     delay_ms(100);
138     output_low(PIN_D2); //apagar led funcionamiento
139 }
140 else{
141 //encendemos led de confirmacion de nivel bajo
142 lcd_backlight_led(OFF);
143 output_low(PIN_D1); //apagar nivel alto
144 output_high(PIN_D0); //encender nivel bajo
145 //Realizar la dosificacion
146 output_high(PIN_D3); //Encender led funcionamiento
147 lcd_backlight_led(OFF);
148 }
149 }

```

Figura D.44 Comando de mostrar en pantalla el nivel después de dosificación de la tolva

```

155 //codigo extra de lectura de corriente de motores
156 //Lectura de Corriente de motores
157 //Lectura Corriente Motor 1, el motor de rodillo
158 /*
159 int factor=264;
160 //variables motor 1
161 long bits_Motor1; //Variable almacena los bits
162 float Valor_Motor1; //Almacena la temperatura
163 //Variables Motor 2
164 long bits_Motor2; //Variable almacena los bits
165 float Valor_Motor2; //Almacena la temperatura
166 set_adc_channel(1);
167 bits_Motor1 = read_adc();
168 delay_ms(1);
169 bits_Motor1 = bits_Motor1 + read_adc();
170 delay_ms(1);
171 bits_Motor1 = bits_Motor1 + read_adc();
172 delay_ms(1);
173 bits_Motor1 = bits_Motor1 + read_adc();
174 delay_ms(1);
175 bits_Motor1 = bits_Motor1 + read_adc();
176 delay_ms(1);
177 bits_Motor1 = bits_Motor1/5;
178 valor_Motor1 = (bits_Motor1-512)*factor ;
179 valor_Motor1 = valor_Motor1/10;
180 lcd_gotoxy(1,2); //Ubiquese en la posición 1,1
181 lcd_putc("1:");
182 lcd_gotoxy(3,2); //Ubiquese en la posición 2,2
183 printf(lcd_putc, "%g\n", valor_Motor1); //Muestra el valor numerico de la conversionconversion
184 lcd_gotoxy(7,2); //Ubiquese en la posición 1,1
185 lcd_putc("A");
186 //Lectura Corriente Motor 2, motor de dispersion
187 set_adc_channel(2);
188 bits_Motor2 = read_adc();
189 bits_Motor2 = bits_Motor2 + read_adc();
190 bits_Motor2 = bits_Motor2 + read_adc();
191 bits_Motor2 = bits_Motor2 + read_adc();
192 bits_Motor2 = bits_Motor2 + read_adc();
193 bits_Motor2 = bits_Motor2/5;

```

Figura D.45 Ejemplo de código para la lectura de corriente en los motores y ADC

```

171 bits_Motor1 = bits_Motor1 + read_adc();
172 delay_ms(1);
173 bits_Motor1 = bits_Motor1 + read_adc();
174 delay_ms(1);
175 bits_Motor1 = bits_Motor1 + read_adc();
176 delay_ms(1);
177 bits_Motor1 = bits_Motor1/5;
178 valor_Motor1 = (bits_Motor1-512)*factor ;
179 valor_Motor1 = valor_Motor1/10;
180 lcd_gotoxy(1,2); //Ubiquese en la posicion 1,1
181 lcd_putc("1:");
182 lcd_gotoxy(3,2); //Ubiquese en la posicion 2,2
183 printf(lcd_putc,"%g\n",valor_Motor1); //Muestra el valor numerico de la conversionconversion
184 lcd_gotoxy(7,2); //Ubiquese en la posicion 1,1
185 lcd_putc("A");
186 //Lectura Corriente Motor 2, motor de dispersion
187 set_adc_channel(2);
188 bits_Motor2 = read_adc();
189 bits_Motor2 = bits_Motor2 + read_adc();
190 bits_Motor2 = bits_Motor2 + read_adc();
191 bits_Motor2 = bits_Motor2 + read_adc();
192 bits_Motor2 = bits_Motor2 + read_adc();
193 bits_Motor2 = bits_Motor2/5;
194 valor_Motor2 = (bits_Motor2-512)*factor ;
195 valor_Motor2 = valor_Motor2/10;
196 lcd_gotoxy(10,2); //Ubiquese en la posicion 1,1
197 lcd_putc("2:");
198 lcd_gotoxy(12,2); //Ubiquese en la posicion 2,2
199 printf(lcd_putc,"%g\n",valor_Motor2); //Muestra el valor numerico de la conversionconversion
200 lcd_gotoxy(16,2); //Ubiquese en la posicion 1,1
201 lcd_putc("A");
202 */

```

Figura D.46 Continuación del código para lectura de corriente