



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTÓNOMO
INALÁMBRICO PARA LA ALIMENTACIÓN DE TILAPIA,
BASADO EN SUPERVISIÓN DE VARIABLES CLIMÁTICAS Y
CONTROL DE CALIDAD DE AGUA”

TRABAJO DE TITULACIÓN

Tipo: DISPOSITIVO TECNOLÓGICO

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

AUTORES: JOSÉ LUIS COBA ROBALINO

BYRON NICOLAS HERNÁNDEZ ANGULO

TUTOR: ING. JORGE LUIS PAUCAR SAMANIEGO

Riobamba-Ecuador

2018

© 2018, JOSÉ LUIS COBA ROBALINO Y BYRON NICOLAS HERNÁNDEZ ANGULO

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
REDES INDUSTRIALES

El Tribunal de titulación certifica que: El trabajo de investigación: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTÓNOMO INALÁMBRICO PARA LA ALIMENTACIÓN DE TILAPIA, BASADO EN SUPERVISIÓN DE VARIABLES CLIMÁTICAS Y CONTROL DE CALIDAD DE AGUA”, de responsabilidad de los señores José Luis Coba Robalino y Byron Nicolas Hernández Angulo, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dr. Julio Santillán C.

**VIDECANO DE LA FACULTAD DE
INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

Ing. Freddy Chávez V.

**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE
INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN
CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

Ing. Jorge Luis Paucar

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Ing. José Guerra

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Nosotros, José Luis Coba Robalino y Byron Nicolas Hernández Angulo, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Riobamba, octubre de 2018

José Luis Coba Robalino
060392669-2

Byron Nicolas Hernández Angulo
220023653-3

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico a mi Dios Abbá por siempre estar conmigo, guiarme y sentir su compañía y apoyo en todos los momentos de mi vida, dedico también esta meta culminada a mi madre, hermana y abuelita que inculcaron en mi a través de su ejemplo y buenos consejos la responsabilidad y el trabajo duro para alcanzar mis sueños; a todas las personas que confiaron en mi a lo largo de éste trayecto, tíos, primos, amigos, compañeros, a mi padre y enamorada les dedico este logro.

José

En el presente trabajo de titulación lo dedico primeramente a Dios por haber confiado en mis oraciones, por haberme brindado salud y por permitirme ser parte de este hermoso existir; a mi familia por estar presente en mi ardua lucha por cumplir mis sueños, por formarme como persona de bien y por enseñarme a ser útil en esta sociedad.

Byron

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a mi creador por poner en mi camino a personas tan maravillosas y especiales que han hecho mi existir una experiencia increíble, agradezco a mi madre Marta por su incondicional apoyo en cada momento, a mi hermana Sonia que siempre me supo aconsejar y orientarme con su amor, a mis tíos Luis, Ángel, Julio, Jorge y José por siempre ser mis segundos padres en todas las etapas de mi vida, a mi padre Nelson por su apoyo económico y preocupación, agradezco al doctor José Gregorio por su amor, consejos y orientación en los momentos de confusión y por siempre velar de mi salud, a todo el grupo de hermandad gregoriana que impulsaron mi ayuda hacia el prójimo, a la iglesia el Belén y todos los grupos que tuve el honor de pertenecer, a mi enamorada Janeth por compartir momentos inolvidables, a mis amigos, amigas, compañeros y compañeras por permitirme ingresar en sus vidas, por las experiencias, recuerdos, aventuras, locuras, fracasos, éxitos, veladas, risas, tristezas y todas aquellos sentimientos que compartí a su lado, a la facultad de informática y electrónica que me otorgo conocimientos y experiencias para lograr desarrollar mi vida profesional, a mis queridos profesores por su paciencia, entrega y apoyo que a parte de sus conocimientos teóricos me entregaron algo más, su experiencia de vida, desde el fondo mi corazón muchas gracias.

José

Le doy gracias a mis padres por estar presentes en la búsqueda de una mejor oportunidad de desarrollo social, económico, educativo con el objetivo de poder contribuir al crecimiento de la patria ecuatoriana y ante todo ser humanista. Agradezco a mis hermanos por sus consejos que de alguna u otra forma me hicieron entender que a las tierras hay que cultivarlas no esperar a que le den cultivando en especial agradezco a mi hermana Yuli y a Edison quienes velaron por mi futuro y a mi compañero de tesis y amigo José Luis Coba quien todo este trayecto se mantuvo positivo y por sus consejos de superación. Agradezco a mis profesores de la facultad informática y electrónica por su apoyo para formarme como profesional, le doy las gracias a mis profesores José Guerra, Jorge Paucar y Jorge Tuapanta por su colaboración en nuestro trabajo de titulación.

Byron

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE DIAGRAMAS	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I	
1. MARCO TEÓRICO.....	4
1.1 Sistema de cultivo de tilapias	4
1.1.1 <i>Parámetros físicos-químicos</i>.....	4
1.1.2 <i>Cultivo de tilapias en piscinas o estanques</i>.....	5
1.2 Alimentación de tilapias.....	6
1.3 Producción de tilapia en el Ecuador.....	8
1.4 Alimentadores automáticos Acuícolas.....	12
1.4.1 <i>Alimentador automático ProAqua GRA-4539-EQU</i>.....	12
1.4.2 <i>Alimentador automático Robotilsa CT160PC</i>.....	13
1.4.3 <i>Alimentador automático bioFeeder</i>.....	14
1.5 Elementos constitutivos de los alimentadores automáticos.....	15
1.5.1 <i>Panel de control</i>.....	16
1.5.2 <i>Extracción de balanceado</i>.....	17
1.5.3 <i>Dispersión</i>.....	19
1.6 Sistema fotovoltaico.....	20
1.6.1 <i>Energía total a generar por el sistema fotovoltaico</i>.....	20
1.6.2 <i>Panel solar</i>.....	22
1.6.3 <i>Batería solar</i>.....	22
1.6.4 <i>Regulador de carga solar</i>.....	23

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO.....	24
2.1	Requerimientos del alimentador.....	24
2.2	Arquitectura general del prototipo.....	25
2.3	Selección del hardware.....	26
2.3.1	<i>Motor Paso a Paso.....</i>	<i>26</i>
2.3.2	<i>Motor brushless.....</i>	<i>28</i>
2.3.3	<i>Sensor de Oxígeno disuelto.....</i>	<i>29</i>
2.3.4	<i>Sensor de distancia.....</i>	<i>30</i>
2.3.5	<i>Sensor de lluvia.....</i>	<i>31</i>
2.3.6	<i>Módulo de comunicación.....</i>	<i>32</i>
2.3.7	<i>Microcontroladores.....</i>	<i>33</i>
2.3.8	<i>Driver del motor PaP.....</i>	<i>34</i>
2.3.9	<i>Driver motor DC sistema de traslado y posicionamiento.....</i>	<i>35</i>
2.3.10	<i>HMI.....</i>	<i>36</i>
2.4	Diagrama esquemático del dispositivo tecnológico.....	37
2.4.1	<i>Diagrama esquemático del alimentador.....</i>	<i>37</i>
2.4.2	<i>Diagrama PCB del Alimentador.....</i>	<i>39</i>
2.4.3	<i>Diagrama esquemático del sistema de traslado y posicionamiento.....</i>	<i>40</i>
2.4.4	<i>Diagrama PCB del sistema de traslado y posicionamiento.....</i>	<i>41</i>
2.5	Diseño del software.....	42
2.5.1	<i>Entornos de desarrollo integrado (IDE).....</i>	<i>42</i>
2.5.2	<i>Interfaz hombre-máquina (HMI).....</i>	<i>43</i>
2.5.3	<i>Diagrama de flujo del IDE Arduino.....</i>	<i>44</i>
2.5.4	<i>Diagrama de flujo para la configuración de estados.....</i>	<i>48</i>
2.6	Dimensionamiento de la instalación fotovoltaica.....	49
2.6.1	<i>Energía total requerida por el prototipo.....</i>	<i>49</i>
2.6.2	<i>Dimensionamiento del panel solar.....</i>	<i>51</i>
2.6.3	<i>Dimensionamiento de la batería solar.....</i>	<i>51</i>
2.6.4	<i>Selección del regulador de carga.....</i>	<i>52</i>
2.7	Diseño mecánico.....	52
2.7.1	<i>Tolva de almacenamiento de balanceado.....</i>	<i>53</i>
2.7.2	<i>Tornillo sin fin.....</i>	<i>54</i>
2.7.2.1	<i>Ecuaciones para el dimensionamiento del tornillo sin fin.....</i>	<i>54</i>

2.7.2.2	<i>Dimensionamiento del tornillo sin fin</i>	55
2.7.3	<i>Flotador</i>	57
2.7.4	<i>Dispositivo aspersor</i>	57
2.7.5	<i>Sistema de traslado y posicionamiento</i>	58
2.7.5.1	<i>Motor reductor lineal DC</i>	58
2.7.5.2	<i>Sistema simple de poleas</i>	60

CAPITULO III

3.	VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO SIAT-CAVC	62
3.1	Caracterización del prototipo SIAT-CAVC	62
3.1.1	<i>Caracterización del sensor de distancia</i>	63
3.1.2	<i>Caracterización del sensor de oxígeno disuelto</i>	64
3.1.3	<i>Caracterización del sensor de lluvia</i>	66
3.1.4	<i>Caracterización del dosificador</i>	67
3.2	Estabilidad del dispositivo SIAT-CAVC	72
3.3	Envío de notificaciones vía GSM	74
3.4	Interacción entre los sensores y el microcontrolador	74
3.5	Consumo eléctrico del dispositivo	75
3.6	Validación del sistema de traslado y posicionamiento	76
3.7	Análisis de costos	76
	CONCLUSIONES	78
	RECOMENDACIONES	80
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Balanceado número 38% (1-2kg)	6
Tabla 2-1:	Balanceado número 32% (5-20kg)	7
Tabla 3-1:	Balanceado número 28% (15-30kg)	7
Tabla 4-1:	Balanceado número 24% (15-30kg)	8
Tabla 5-1:	Comparación de alimentadores automáticos acuícolas	15
Tabla 6-1:	Comparación de las principales tarjetas de desarrollo para el alimentador	17
Tabla 7-1:	Comparación de motores para la etapa de extracción de balanceado	18
Tabla 8-1:	Comparación de motores para la etapa de dispersión de balanceado	20
Tabla 1-2:	Datos técnicos motor PaP.....	27
Tabla 2-2:	Datos técnicos motor brushless	28
Tabla 3-2:	Datos técnicos sensor de oxígeno disuelto	29
Tabla 4-2:	Características sensores de distancia	30
Tabla 5-2:	Datos técnicos sensor de lluvia	31
Tabla 6-2:	Datos técnicos módulo de comunicación	32
Tabla 7-2:	Comparaciones microcontroladores Arduino	33
Tabla 8-2:	Datos técnicos de drivers para motores PaP bipolares	34
Tabla 9-2:	Datos técnicos drivers DC	35
Tabla 10-2:	Pines de conexión del prototipo SIAT-CAVC	38
Tabla 11-2:	Pines de conexión sistema de traslado y posicionamiento	40
Tabla 12-2:	Consumo energético del sistema en un día de trabajo	50
Tabla 13-2:	Características eléctricas principales del panel solar de 60w	51
Tabla 14-2:	Selección de la batería solar de acuerdo a los principales parámetros ...	52
Tabla 15-2:	Mediciones del balanceado de engorde 24%	54
Tabla 1-3:	Mediciones realizadas para la caracterización de distancia	63
Tabla 2-3:	Mediciones realizadas para la caracterización de DO	65
Tabla 3-3:	Prueba t de muestras relacionadas para los sensores de DO	66
Tabla 4-2:	Medidas realizadas para la caracterización del censo de lluvia	67
Tabla 5-3:	Tabla de determinación de pesos vs pasos del motor PaP	69
Tabla 6-3:	Tabla de pesos de los diferentes tipos de balanceados	70
Tabla 7-3:	Prueba t de una muestra para el balanceado del 38%	71
Tabla 8-3:	Prueba t de una muestra para el balanceado del 32%	71
Tabla 9-3:	Prueba t de una muestra para el balanceado del 28%	72
Tabla 10-3:	Prueba t de una muestra para el balanceado del 24%	72

Tabla 11-3:	Tabla de repetitividad del SIAT-CAVC para evaluar la estabilidad del sistema	73
Tabla 12-3:	Caracterización del sistema de traslado y posicionamiento	76
Tabla 13-3:	Análisis de costos	77

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Estratificación termal del agua durante precipitaciones	5
Figura 2-1:	Exportaciones de tilapia ecuatoriana a EEUU desde 1993.....	9
Figura 3-1:	Forma de alimentación en las piscinas de tilapias	10
Figura 4-1:	Equipos utilizados en la medición de calidad de agua	11
Figura 5-1:	Aireador de cuatro paletas bifásico y su funcionamiento	12
Figura 6-1:	Alimentador ProAqua GRA-4539-EQU	13
Figura 7-1:	Alimentador Robotilsa CT160PC	13
Figura 8-1:	Alimentador bioFeeder	14
Figura 9-1:	Controlador del alimentador GRA-4539-EQU	16
Figura 10-1:	Extractor de balanceado del alimentador ProAqua GRA-4539-EQU ...	18
Figura 11-1:	Etapas de dispersión del alimentador ProAqua GRA-4539-EQU	19
Figura 1-2:	Motor Paso a Paso híbrido.....	28
Figura 2-2:	Motor brushless	29
Figura 3-2:	Sensor EZO-DO™	30
Figura 4-2:	Sensor ultrasónico HC-SR04	31
Figura 5-2:	Sensor de lluvia YL-83.....	32
Figura 6-2:	SIM900.....	33
Figura 7-2:	Arduino Mega R3 y Arduino nano	34
Figura 8-2:	Driver tb6600.	35
Figura 9-2:	Driver TBS7960	36
Figura 10-2:	Pantalla nextion 3.2''	37
Figura 11-2:	Diagrama esquemático del SIAT-CAVC	39
Figura 12-2:	Placa de circuito impreso del SIAT-CAVC	40
Figura 13-2:	Esquemático del sistema de traslado y posicionamiento	41
Figura 14-2:	Circuito PCB del sistema de posicionamiento	42
Figura 15-2:	Configuración de eventos al presionar determinados objetos	44
Figura 16-2:	Dispositivo ensamblado	53
Figura 17-2:	Tornillo sin fin-dosificador	56
Figura 18-2:	Sistema de traslado y posicionamiento	58
Figura 19-2:	Motor Reductor Lineal DC	60
Figura 20-2:	Diseño de poleas	61
Figura 1-3:	Prototipo SIAT-CAVC implementado.....	62
Figura 2-3:	Extracción y pesaje de cada tipo de balanceado	68

Figura 3-3:	Notificaciones de mensajes y llamadas vía red GSM	74
Figura 4-3:	Comportamiento de los sensores del SIAT-CAVC en tiempo real	75
Figura 5-3:	Sistema fotovoltaico implementado del SIAT-CAVC	75

INDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1-2:	Diagrama de bloques de la arquitectura del prototipo	26
Diagrama 2-2:	Estructura Switch Case para el manejo de estados	47
Diagrama 3-2:	Configuración del diagrama de estados	49

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-1:	Energía de consumo del alimentador.....	21
Ecuación 2-1:	Energía extra de condiciones climatológicas externas.....	21
Ecuación 3-1:	Energía de generación total del alimentador.....	22
Ecuación 4-1:	Energía provista por el panel solar.....	22
Ecuación 5-1:	Capacidad nominal de la batería solar.....	23
Ecuación 6-1:	Corriente del regulador de carga.....	23
Ecuación 1-2:	Capacidad de torque del motor paso a paso.....	27
Ecuación 2-2:	Área de relleno del canalón del tornillo sin fin.....	54
Ecuación 3-2:	Velocidad de avance del transportador.....	55
Ecuación 4-2:	Flujo del material a transportar por el tornillo sin fin.....	55
Ecuación 5-2:	Fuerza de empuje del agua con respecto al flotador.....	57
Ecuación 6-2:	Velocidad del motor reductor lineal DC.....	59
Ecuación 7-2:	Potencia mecánica del motor reductor lineal DC.....	59
Ecuación 8-2:	Potencia eléctrica del motor reductor lineal DC.....	59
Ecuación 9-2:	Torque del motor reductor lineal DC.....	59
Ecuación 10-2:	Relación entre velocidades y diámetros de las poleas.....	60
Ecuación 11-2:	Relación de transmisión del sistema de poleas.....	60

INDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** Datasheet del motor Nema 23
- ANEXO B:** Datasheet del motor Brushless Goolrc
- ANEXO C:** Datasheet del sensor EZO-DO™
- ANEXO D:** Datasheet del sensor HC-SR04
- ANEXO E:** Datasheet del sensor YL-83
- ANEXO F:** Datasheet del módulo GSM SIM900
- ANEXO G:** Datasheet del Arduino mega 2560
- ANEXO H:** Datasheet del controlador TB6600
- ANEXO I:** Datasheet del controlador TBS7960
- ANEXO J:** Datasheet de la pantalla Nextion 3.2"
- ANEXO K:** Ventanas de los diferentes estados
- ANEXO L:** Caracterización del sensor de distancia HC-SR04
- ANEXO M:** Caracterización del sensor de oxígeno disuelto EZO-DO™
- ANEXO N:** Caracterización del sensor de lluvia YL-83
- ANEXO O:** Plano 2D tornillo sin fin
- ANEXO P:** Plano 2D del Aspersor
- ANEXO Q:** Plano 2D acople tolva.
- ANEXO R:** Plano 2D sistema simple de poleas.
- ANEXO S:** Código del SIAT-CAVC
- ANEXO Q:** Plano 2D acople tolva.

INDICE DE ABREVIATURAS

DO:	Oxígeno Disuelto
GAA:	Global Aquaculture Alliance
HSP:	Horas Solares Pico
UML:	Lenguaje Unificado de Modelado
IDE:	Entorno de Desarrollo Integrado
HMI:	Interfaz Humano-Máquina
SIAT-CAVC:	Sistema Inalámbrico de Alimentación de Tilapias basado en el Control de calidad de Agua y Variables Climatológicas
SMS:	Servicios de Mensajes Cortos
PaP:	Paso a Paso
TTL:	Transistor-Transistor Logic (lógica transistor-transistor)
GSM:	Sistema Global para comunicaciones Móviles
UART:	Transistor-Receptor Asíncrono Universal
AT:	Attention (Atención)
PCB:	Placa de circuito impreso
Ho:	Hipótesis Nula
Ha:	Hipótesis Alternativa
CV:	Coefficiente de Variación
UML:	Lenguaje Unificado de Modelado
IDE:	Entorno de Desarrollo Integrado

RESUMEN

Se implementó un sistema autónomo inalámbrico para la alimentación de tilapia, basado en supervisión de variables climáticas y control de calidad de agua. El proyecto planteado consta de dos partes: el alimentador y el sistema de posicionamiento, siendo de fácil instalación y manejo; con el prototipo presentado se espera tener un impacto social y económico en la producción de cultivo de tilapias, donde los métodos convencionales pueden provocar desperdicio de balanceado, aglomeración de peces en los puntos de lanzamiento y una mayor presencia de personal para controlar la calidad de agua y alimentación en diferentes horarios con diferentes tipo de balanceado y en distintas cantidades. El alimentador consta de un sistema fotovoltaico, una pantalla táctil para configurar los parámetros de alimentación, un conjunto de sensores que determinan el porcentaje de balanceado en la tolva, el nivel de oxígeno disuelto del agua y la presencia de lluvias; un módulo de notificación a través de mensajes de texto y llamadas telefónicas, un conjunto de actuadores que permiten extraer, disipar el balanceado y activar un aireador para elevar los niveles de oxígeno disuelto, todo controlado desde el Arduino mega 2560. El sistema de posicionamiento cuenta con un tablero de control, un actuador y un sistema de poleas para realizar el traslado. De las pruebas realizadas se comprobó que el alimentador dosifica la cantidad de balanceado que se desee hasta un máximo de 30,9 kg y que el sistema de posicionamiento tiene un error medio de 2,8s de tiempo de traslado. Se concluye que el prototipo es un alimentador automático y autónomo que considera la calidad de agua, variables climatológicas, tipo de balanceado y horarios para la alimentación de las tilapias. Se recomienda incorporar un sistema de almacenamiento de balanceado en la orilla de la piscina que suministre alimento al prototipo de forma automática.

Palabras Claves: <AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS>, <ALIMENTADOR DE TILAPIAS> <POSICIONAMIENTO><CALIDAD DE AGUA><CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS><SISTEMA FOTOVOLTAICO><INTERFAZ HOMBRE MAQUINA (HMI)> <ARDUINO>

ABSTRACT

An autonomous wireless system for the feeding of tilapia was implemented, based on monitoring of climatic variables and water quality control. The proposed project consists of two parts: the feeder and the positioning system, being easy to install and operate; with the presented prototype it is expected to have a social and economic impact on the production of tilapia culture, where conventional methods can cause waste of balance, agglomeration of fish at the launching points and a greater presence of personnel to control water quality and feeding at different times with different types of balancing and in different quantities. The feeder consists of a photovoltaic system, a touch screen to configure the power parameters, a set of sensors that determine the percentage of balanced in the hopper, the level of dissolved oxygen in the water and the presence of rains; a notification module through text messages and telephone calls, a set of actuators that allow extracting, dissipating the balance and activating an aerator to raise the levels of dissolved oxygen, all controlled from the arduino mega 2560. The positioning system counts with a control board, an actuator and a pulley system to carry out the transfer. From the tests carried out, it was found that the feeder doses the amount of balancing desired up to a maximum of 30.9 kg and that the positioning system has an average error of 2.8 s of transfer time. It is concluded that the prototype is an automatic and autonomous feeder that considers the quality of water, climatic variables, type of balance and schedules for feeding tilapia. It is recommended to incorporate a storage system of balanced on the edge of the pool that supplies food to the prototype automatically.

KEY WORDS: <TILAPIA FEEDER> <POSITIONING> <WATER QUALITY>
<CLIMATOLOGICAL CONDITIONS> <PHOTOVOLTAIC SYSTEM> <HMI>
<ARDUINO> <CONTROL AND INDUSTRIAL NETWORKS

INTRODUCCIÓN

La acuicultura a nivel global posee una tasa de crecimiento promedio anual del 8,8% durante las tres últimas décadas, en el 2010 la producción acuícola mundial generó 60 millones de toneladas valorado en 119 mil millones de dólares, a nivel de América latina la producción fue de 1920000 toneladas, siendo Chile, Brasil, Ecuador y México los países productores más representativos (Rodríguez Vázquez y Flores Nava, 2014a, p. 4). La acuicultura en el Ecuador se encuentra en un proceso de desarrollo siendo el cultivo del camarón marino el primero en ocupar este lugar seguido del cultivo de la tilapia, el mayor porcentaje de la producción se exporta, ofreciendo un número considerable de empleos durante la cadena acuícola (Rodríguez Vázquez y Flores Nava, 2014b, p. 32).

A pesar de enfrentar varias dificultades como: escasa capacitación, limitada cantidad de semillas de los organismos cultivados, poco financiamiento directo, insumos costosos y escasa asistencia técnica y de control, la acuicultura posee todas las condiciones adecuadas para poder generar productos de origen acuícola durante todo el año, condición que no se halla en otros países (Ministerio de Agricultura Ganadería Acuicultura y Pesca, 2016, p. 2). Uno de los métodos más utilizados para la alimentación de cultivos intensivos y semi-intensivos es la alimentación por dispersión mediante alimentadores automáticos, los cuales basan su uso en tablas de alimentación y en el control de las raciones de acuerdo al peso promedio y biomasa presentes en el estanque (Molina César, 2004a, p. 9).

El sistema de alimentación de tilapias en un mayor porcentaje sigue siendo artesanal, a pesar de la existencia de alimentadores en el área camaronera como los de Robotilsa, no se encuentra tecnología disponible para la crianza de los peces *Oreochromis*. Con el proyecto planteado se espera tener un impacto social y económico favorable para los acuicultores, donde la dosificación adecuada, el manejo de diferentes tipos de balanceado, la calidad del agua y las condiciones climatológicas son los aspectos más importantes a considerar para una adecuada producción. El proyecto está en concordancia con el objetivo 11 del Plan Nacional del Buen Vivir, que describe: *“Asegurar la soberanía y de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnológica”*, el cual sugiere que se gestione los recursos estratégicos y que a través de la transformación tecnológica genere riqueza y eleve el nivel de vida de la población (SENPLADES, 2013, p. 387).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cómo implementar un sistema autónomo inalámbrico para la alimentación de tilapia, basado en supervisión de variables climáticas y control de calidad de agua?

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

- ¿Cuál es el entorno ideal de las piscinas, las variables climáticas y la calidad de agua adecuadas para el proceso de crianza de los peces?
- ¿Cuáles son los requerimientos que debe cumplir el sistema a implementar?
- ¿Cuáles son los elementos eléctricos y electrónicos que cumplen con los requerimientos establecidos para la implementación?
- ¿Cómo deberíamos implementar el sistema de retorno a la orilla para el reabastecimiento de alimento?
- ¿El sistema implementado cumple con los requerimientos establecidos al inicio de la investigación en una granja piscícola?

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema autónomo inalámbrico para la alimentación de tilapia, basado en supervisión de variables climáticas y control de calidad de agua.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el entorno ideal de las piscinas, las variables climáticas y de calidad de agua para el proceso de crianza de los peces.
- Determinar los requerimientos que debe cumplir el sistema a implementar
- Determinar los elementos eléctricos y electrónicos que cumplan con los requerimientos establecidos para la implementación.
- Implementar el sistema de retorno a la orilla para el reabastecimiento de alimento.
- Evaluar si el prototipo implementado cumple con los requerimientos establecidos al inicio de la investigación en una granja piscícola de la provincia de Orellana.

DELIMITACIÓN

Espacio

La presente investigación se delimita a la ciudad Puerto Francisco de Orellana, específicamente a la finca “EL BOSQUE” propiedad del sr. Hernández Angulo Edgar Patricio, cuenta con 6 piscinas para cultivo en tierra y 6 para cultivo en geomembrana, la dimensión de la piscina donde se prevé implementar el dispositivo es de 40 m de largo, 20 m de ancho y 2 m de altura.

Tiempo

La investigación está realizada con datos tomados en el periodo de crianza de los peces desde el 03 hasta el 17 de agosto de 2018.

Alcance

Con la implementación del sistema autónomo inalámbrico para la alimentación de tilapia, basado en supervisión de variables climatológicas y control de calidad de agua, se espera tener un control eficiente en la alimentación de los peces durante todas sus fases de desarrollo, siendo totalmente ecológico al utilizar la energía solar para su funcionamiento.

El presente documento consta de una metodología analítica que posee investigación teórica a través de un estudio bibliográfico, selección de *hardware* y *software*, diseño mecánico de la estructura de soporte, análisis de funcionamiento y presentación de resultados del prototipo implementado. Se detalla en tres capítulos el desarrollo de la investigación planteada, el primer capítulo estudia el sistema de cultivo de las tilapias con sus parámetros de desarrollo, las tablas de alimentación utilizadas, la producción de tilapia a nivel mundial, del país y de la zona, los alimentadores automáticos existentes en el mercado para la producción acuícola y los elementos que los constituyen. El capítulo dos contiene las fases de desarrollo del alimentador, se define los requerimientos, se selecciona el hardware y software, se presenta los entornos de desarrollo, se dimensiona el suministro fotovoltaico y finalmente se diseña la estructura mecánica para el alimentador y el sistema de posicionamiento. En el capítulo tres se valida el prototipo, se detalla la calibración de los sensores, se presenta los resultados de dosificación, se determina la estabilidad del sistema, se evalúa el sistema fotovoltaico, las notificaciones y el funcionamiento del sistema de posicionamiento.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta el sistema de cultivo de las tilapias, los parámetros físico-químicos del agua, las condiciones climáticas óptimas para la alimentación y las características de las piscinas de crianzas. Se da a conocer las tablas de alimentación para cada tipo de balanceado en sus diferentes horarios, se muestra la situación de la producción de tilapia en el Ecuador y su forma de cultivo en la zona y finalmente se analiza los alimentadores automáticos de producción acuícola presentes en el mercado, para determinar sus elementos constitutivos y funcionamiento.

1.1 Sistema de cultivo de tilapias

Los cultivos comerciales presentan tres modalidades de acuerdo a la cantidad de producción, la modalidad extensiva produce 200 a 500 kg por hectárea/ciclo, la modalidad semi-intensiva cosecha entre 4.000 a 10.000 Kg por hectárea/ciclo y la intensiva cosecha más de 20.000 Kg por hectárea/ciclo. Para todos estos casos, se maneja poblaciones de tilapias monosexo macho, revertidas mediante el uso de hormonas durante los 30 primeros días de alimentación en cultivo, hasta conseguir una longitud total de 17 a 20 mm (Wicki y Gromenida, 2016a, p. 4).

1.1.1 *Parámetros físico-químicos*

Las tilapias son peces originalmente de clima tropical, debido a esto su mejor desarrollo se produce a temperaturas entre 34 y 36 °C, en el Ecuador el cultivo de las tilapias son aptas en zonas de mayor temperatura, entre los paralelos 22 y 28° de latitud sur para ciclo completo de crianza, y hasta aproximadamente 30° únicamente para la fase de engorde hasta distribución en el mercado (Wicki y Gromenida, 2016b, pp. 3-4). Por su característica física, química y microbiológica, el agua de pozo se la considera la más adecuada para los cultivos acuáticos oxigenándola antes de su ingreso al estanque, si el agua proviene de manantiales, arroyos, lagunas o ríos, debe estar sin contaminantes, agroquímicos, metales pesados y predadores. El suministro de agua de las piscinas

debe tener un pH entre 6.5 y 8.5, una alcalinidad total entre 100 y 200 mg/l, un rango de dureza de 20 a 350 mg/l, nitritos inferiores a 0.1 mg/l y nitratos inferiores a 10 mg/l (Wicki y Gromenida, 2016c, pp. 4-5). El oxígeno disuelto (DO) es uno de los parámetros más elementales para el cultivo de tilapias, el nivel de saturación del oxígeno disuelto es proporcionalmente inverso a la altitud y proporcionalmente directo al pH y a la temperatura. Los niveles de oxígeno disuelto óptimos están entre 5 y 6 mg/l, si son niveles inferiores a los 3 mg/l se tiene consecuencias como el reducimiento poblacional de los peces y un crecimiento lento si la exposición es prolongada (Alicorp, 2013, pp. 7-8).

Las condiciones climatológicas son una variable importante a considerar, en la figura 1-1 se muestran los diferentes niveles de estratificación termal del agua causado por las variaciones térmicas, la formación térmica es causada por las altas temperaturas del ambiente generándose capas superficiales calientes con respecto a las profundas, cuando existen precipitaciones en la capa Epilimnion se presentan vibraciones en la superficie y ligeros cambios de temperatura, motivo por el que los peces descienden a las capas Metalimnion o Hypolimnion (Lakes Access, 2015a, <http://www.lakeaccess.org>).

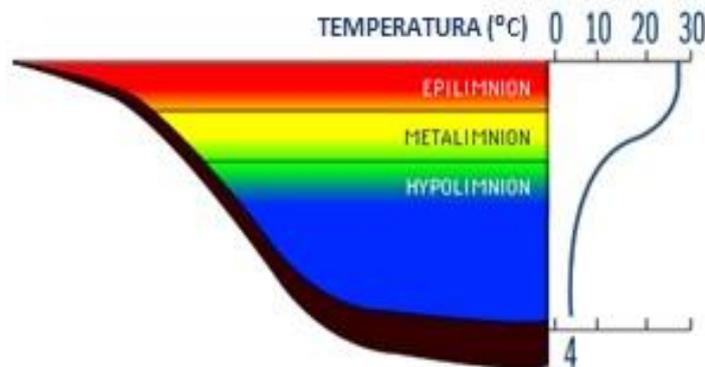


Figura 1-1: Estratificación termal del agua durante precipitaciones.

Fuente: (Lakes Access, 2015b, <http://www.lakeaccess.org>)

1.1.2 Cultivo de tilapias en piscinas o estanques

Los suelos adecuados para la construcción de estanques son los de limo o arcilla, o una combinación de ambos. El lugar elegido debe poseer una ligera pendiente natural, de forma que los cerramientos puedan desocuparse por la gravedad, no es recomendable edificar piscinas en zonas inundables, lugares de suelos ácidos, arenosos o rocosos, o sitios donde se utilicen agroquímicos. Los terrenos deben llegar a un 60% máximo de arcilla y poseer pendientes de 1:100

y máximo de 1:200; si se excede el porcentaje de arcilla mencionado, el suelo empieza a quebrarse al momento de secado de las piscinas, produciendo filtraciones (Wicki y Gromenida, 2016d, p. 5). Las piscinas de forma rectangular son las más recomendadas para el cultivo de tilapias u otros peces, se las debe de orientar de tal forma que los vientos predominantes penetren a lo largo de su eje mayor, lo que ayudará a la oxigenación y a la vez disminuirá la erosión. En la región tropical, las piscinas deben tener una profundidad media de 1,2m y una máxima de 1,4m; en la zona que llega hasta el paralelo 30° de latitud sur, se maneja profundidades de 1,4m a 1,6m, el fondo de cada piscina debe ser liso, compactado y no presentar piedras, rocas o raíces que obstaculicen las redadas (Wicki y Gromenida, 2016e, p. 6).

1.2 Alimentación de tilapias

El criadero de tilapia donde se implementó el dispositivo tecnológico pertenece al señor Hernández Angulo Edgar Patricio, las siguientes tablas alimenticias fueron proporcionadas por el biólogo Rodney Solorzano encargado del manejo de la tilapia del lugar, cada tabla maneja un porcentaje, frecuencia de alimentación y cantidad de balanceado diferentes específicamente para una piscina de crianza de 8000 a 9000 peces.

Para la fase de inicio se utiliza balanceado T-380 (38%), son extrusos de 2mm con un rango de peso de 15 a 50 g utilizados en los pre-criaderos (Gisis S.A, 2014a, <http://www.gisis.com.ec>). En la tabla 1-1 se tiene una frecuencia de alimentación de tres y cuatro veces en el día con una cantidad entre uno y dos kilogramos por dosis.

Tabla 1-1: Balanceado número 38% (1-2kg).

Frecuencias de alimentación Fase 1	Cantidad en (Kg)	Hora de alimentación
Primera	X	7:30 am
Segunda	X	10:00am
Tercera	X	13:00pm
Frecuencias de alimentación Fase 2	Cantidad en (Kg)	Hora de alimentación
Primera	X	7:30 am
Segunda	X	10:00am
Tercera	X	13:00pm
Cuarta	X	15:30pm

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018

Para la fase de crecimiento se utiliza balanceado T-320 (32%), son extrusos de 4 y de 7mm con un rango de peso de 50-200 g para el primer tipo y de 201-500 g para el segundo tipo, se los utiliza directamente en las piscinas (Gisis S.A, 2014b, <http://www.gisis.com.ec>). en la tabla 2-1 se presenta la frecuencia de alimentación de tres veces en el día con una cantidad entre cinco y 20 kg por dosis.

Tabla 2-1: Balanceado número 32% (5-20kg).

Frecuencias de alimentación Fase 1	Cantidad en (Kg)	Hora de alimentación
Primera	X	7:30 am
Segunda	X	11:00am
Tercera	X	15:30pm

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018

Para la fase de engorde se utiliza balanceado T-280 (28%), son extrusos de 7 y de 10mm con un peso de 201-500 g para el primer tipo y de 500-900 g para el segundo tipo, se los utiliza directamente en las piscinas (Gisis S.A, 2014c, <http://www.gisis.com.ec>). En la tabla 3-1 se presenta la frecuencia de alimentación de 2 y 3 veces en el día con una cantidad entre 15 y 30 kg por dosis.

Tabla 3-1: Balanceado número 28% (15-30kg)

Frecuencias de alimentación Fase 1	Cantidad en (Kg)	Hora de alimentación
Primera	X	7:30 am
Segunda	X	15:30pm
Frecuencias de alimentación Fase 2	Cantidad en (Kg)	Hora de alimentación
Primera	X	7:30 am
Segunda	X	11:00am
Tercera	X	15:30pm

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018

Para la misma fase de engorde se utiliza también el balanceado T-240 (24%), son extrusos de 7 y de 10mm con un peso de 350-5450 g para el primer tipo y de 450-900 g para el segundo tipo, se los utiliza directamente en las piscinas (Gisis S.A, 2014d, <http://www.gisis.com.ec>). En la tabla 4-1 se presenta la frecuencia de alimentación de 1 y 2 veces en el día con una cantidad entre 15 y 30 kg por dosis.

Tabla 4-1: Balanceado número 24% (15-30kg).

Frecuencias de alimentación Fase 1	Cantidad en (Kg)	Hora de alimentación
Primera	X	7:30 am
Frecuencias de alimentación Fase 2	Cantidad en (Kg)	Hora de alimentación
Primera	X	7:30 am
Segunda	X	15:30pm

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018

El desarrollo de una alimentación acuícola eficiente incluye aspectos tan importantes como el óptimo consumo de alimento y una dosificación precisa en función del tamaño de la población cultivada y de la demanda, el método tradicional de alimentación por voleo depende de la habilidad del usuario en arrojar el balanceado para cubrir una mayor superficie, un método de mayor eficacia emplea comederos que monitorean el consumo de alimento y ajustan la tasa de alimentación de forma precisa para distribuir el alimento en el estanque por varios días (Molina César, 2004b, p. 9) .

1.3 Producción de tilapia en el Ecuador

Según el informe de Globefish presentado en marzo de 2018, el comercio mundial de tilapia disminuyó un seis por ciento debido a la creciente demanda en los mercados internos de los países productores. Aproximadamente el 95 % de las exportaciones mundiales de tilapia, alrededor de 223.600 toneladas proviene de Asia, siendo China uno de los mayores proveedores, seguidos por Indonesia. En América Latina, Colombia presentó 33 unidades de producción certificados por la Global Aquaculture Alliance (GAA) con el fin de incrementar las ventas en los mercados internacionales, México diseña estrategias para incrementar la producción de tilapia, superando las 152.000 toneladas (Robaina G, 2018, www.mundoagropecuario.com).

La Cámara Nacional de Acuicultura de Ecuador presenta reportes estadísticos sobre las exportaciones de tilapia a los Estados Unidos desde el año 1993, en la figura 2-1 se observa que el mayor porcentaje de exportación se realizó en el 2007 con una cantidad de 27.315.395 libras, obteniendo \$77.013.521 de ingresos, a partir del año 2012 existe un importante decremento en las exportaciones, tanto que para el año 2017 se exportó solamente 2.890.376 libras, obteniendo \$7.139.082 de ingresos (Proveda, 2018a, www.cna-ecuador.com/estadisticas/).

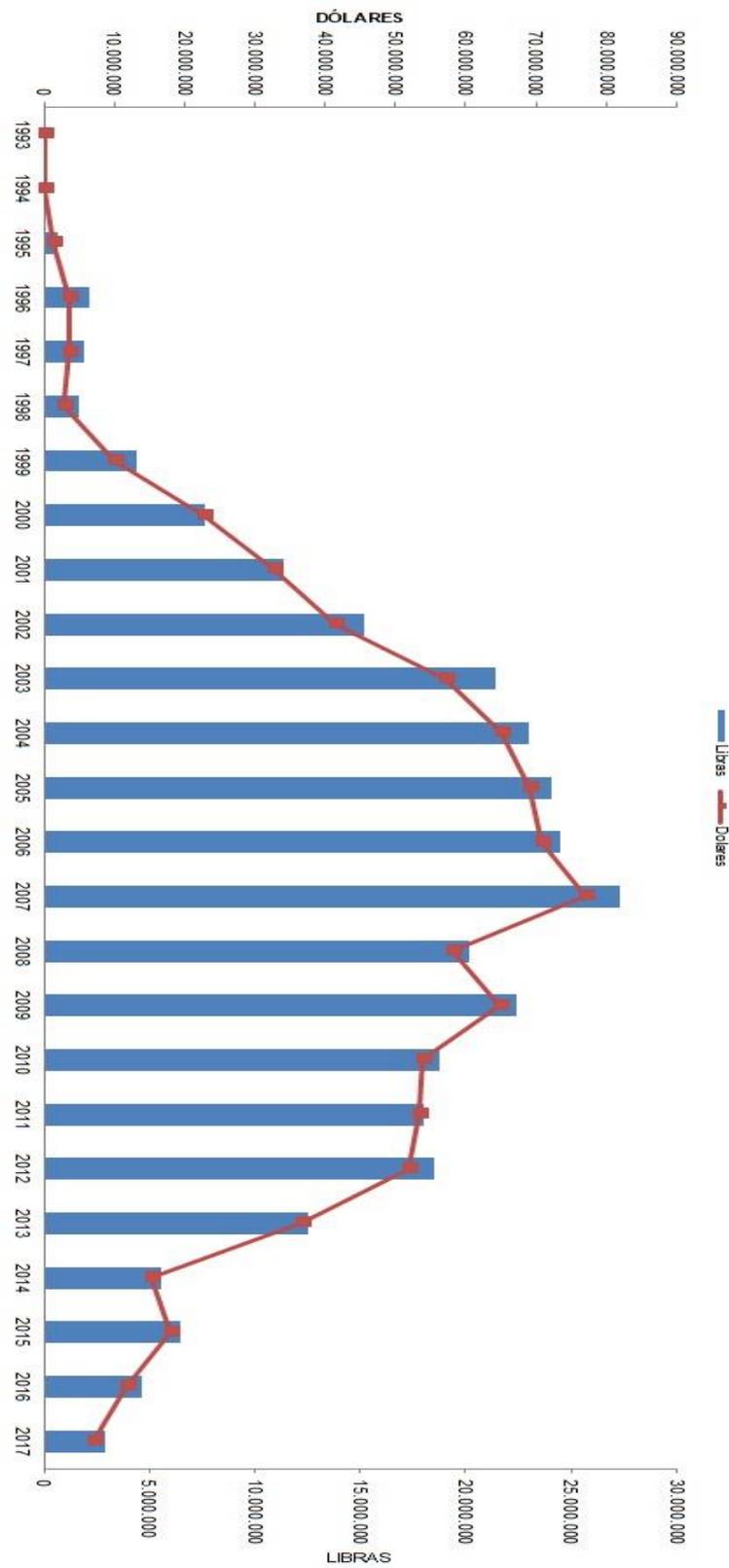


Figura 2-1: Exportaciones de tilapia ecuatoriana a EEUU desde 1993

Fuente: (Proveda, 2018, l. <http://www.cna-ecuador.com/estadisticas/>)

La producción de tilapias en la zona en su mayor parte es artesanal, la forma de alimentar a los peces se lo realiza por voleo, como se muestra en la figura 3-1 la persona encargada tiene que lanzar el balanceado en forma de abanico para cubrir una cierta área de la piscina, ocasionando aglomeración de tilapias en los puntos de caída, y en ciertas ocasiones dependiendo de la forma en que lo distribuya aparecen desperdicios en la orilla de las piscinas, la persona a cargo debe pesar el balanceado dependiendo de la etapa de desarrollo en la que se encuentren los peces y dar de alimentar en diferentes horarios incluso hasta cuatro veces al día, generalmente una piscina de 20x40 m necesita de 10 a 20 kg de balanceado por día repartidos en varias dosis de alimentación, cabe recalcar que la alimentación de estos peces solo se realiza de lunes a sábado, el día domingo no se alimenta ninguna de las piscinas



Figura 3-1: Forma de alimentación en las piscinas de tilapias

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018

Para controlar la calidad de agua de las piscinas se toman muestras 2 veces por semana, se utiliza el sensor YSI water 550A para medir el oxígeno disuelto, el ph y la temperatura del agua como se muestra en la figura 4-1 a, también se aplica pruebas de salinidad utilizando un refractómetro portátil como se muestra en la figura 4-1 b, pruebas de dureza por volumetría como se muestra en la figura 4-1 c y de amonio utilizando reactivos que producen coloración como se presenta en la figura 4-1 d. La presencia de lluvia es un factor importante a considerar, ya que no se alimenta si existen precipitaciones, debido a que los peces no salen a la superficie para ingerirlos y se produce un desperdicio de balanceado.



Figura 4-1: Equipos utilizados en la medición de calidad de agua

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018

Mantener los niveles de DO es vital para la supervivencia de las tilapias, si se pierde oxígeno en las piscinas y llega a niveles por debajo de los cuatro mg/l los peces tienen a salir a la superficie en búsqueda de oxígeno exterior, si disminuye aún más por debajo de los tres mg/l las tilapias empezarán a morir. Para asegurar un nivel óptimo de DO el operario utiliza el sensor descrito anteriormente el YSI water 550A, y si detecta que el nivel de oxígeno disuelto ha disminuido activa manualmente desde un tablero de control un aireador, encargado de mover y oxigenar el agua, como se presenta en la figura 5-1 el aireador cuenta con cuatro paletas rotatorias capaz de agitar el agua por un periodo estimado de 20 a 40 minutos, lapso de tiempo necesario para incrementar el oxígeno disuelto a sus valores óptimos.



Figura 5-1: Aireador de cuatro paletas bifásico y su funcionamiento.

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018

1.4 Alimentadores automáticos Acuícolas

Existen actualmente alimentadores automáticos utilizados en la industria acuícola, se presentarán tres similares al proyecto propuesto, todos ellos cumplen con las características de ser ecológicos y de tener una gran aceptación en el mercado, estos son: el GRA-4539-EQU, el CT160PC y el bioFeeder. A continuación, se detalla las principales características de cada uno de ellos con el fin de compararlos con nuestro proyecto para determinar sus ventajas y desventajas.

1.4.1 Alimentador automático ProAqua GRA-4539-EQU

La presentación de este alimentador se muestra en la figura 6-1, este equipo posee un suministro de energía fotovoltaico, tiene una capacidad de almacenaje de 150kg, está conformado por un tablero de control digital, un motor de expulsión y tres flotadores de 200 lts cada uno, su panel de control se limita a regular los niveles de carga de la batería y temporización de los motores, se utiliza para la alimentación de camarones (ProAqua, 2018a, www.proaqua.mx).

Detalles:

- Cobertura de 23 a 30 mts de diámetro.
- Tamaño de pellet que dispersa entre 2 y 8 mm.
- Dispersión de 1000 a 1100 gramos de alimento por minuto.



Figura 6-1: Alimentador ProAqua GRA-4539-EQU

Fuente: (ProAqua, 2018b, www.proaqua.mx).

1.4.2 Alimentador automático Robotilsa CT160PC

Este alimentador se muestra en la figura 7-1, está destinado únicamente para la etapa de engorde de los camarones, posee un sistema de suministro fotovoltaico, un tablero de control y un sistema de dispersión de balanceado, cuenta con una capacidad de almacenamiento de 160 kg, su estructura se halla realizada en acero inoxidable, se lo puede programar a través de un control remoto hasta seis ciclos diferentes/día a una distancia máxima de 1m (Robotilsa, 2018a, www.robotilecuador.com).

Detalles:

- Panel solar de 40W
- Capacidad de la batería de 28 Ah
- Vida útil de la batería hasta 2 años
- Radio de cobertura de 14 metros
- Dispersión de 90-100 g/seg



Figura 7-1: Alimentador Robotilsa CT160PC

Fuente: (Robotilsa, 2018b, www.robotilecuador.com).

1.4.3 Alimentador automático bioFeeder

El alimentador como se muestra en la figura 8-1, forma parte de una red integrada de alimentadores controlada desde la nube, funciona con energía solar, es inalámbrico y se los puede ubicar en cualquier piscina camaronera, posee un software que aprende de los datos históricos y a través de su página de monitoreo presenta las curvas de alimentación entre las cantidades y las frecuencias (Biofeeder, 2016a, www.biofeeder.net).

Detalles:

- Radio de cobertura de 14 metros
- Tolva de 175 kg
- Estructura hecha en Aluminio reforzado
- Ubicación GPS
- Sensor de ph y oxígeno



Figura 8-1: Alimentador bioFeeder

Fuente: (Biofeeder, 2016b, www.biofeeder.net).

A continuación, en la tabla 5-1 se realiza la comparación entre los principales alimentadores automáticos acuícolas existentes en el mercado, describiendo sus principales características, para ello se utiliza la escala liker con valores numéricos entre 0-5, donde 5 representa el mayor grado de valoración.

Tabla 5-1: Comparación de alimentadores automáticos acuícolas

Características	ProAqua GRA-4539- EQU	Valor ación	Robotilsa CT160PC	Valor ación	bioFeeder	Valor ación
Capacidad de Almacenamiento	150 kg	3	160 kg	4	170 kg	5
Cobertura	23-30 metros de diámetro.	5	Radio de cobertura de 14 metros	4	Radio de cobertura de 14 metros	4
Sensores	Ninguno.	0	Ninguno.	0	Ubicación gps, sensor de ph y de oxígeno	5
Programación	Utiliza un controlador que configura los tiempos de temporización hasta 999 segundos	3	Maneja un control remoto a 1 m de distancia para la programación por ciclos.	4	Programación y monitoreo a través de su plataforma online cloud.biofeeder.net	5
Precio	\$1200	4	\$1350	4	\$1500	3
TOTAL		3		3,2		4,4

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018

Fuente: (ProAqua, 2018c, www.proaqua.mx); (Robotilsa, 2018c, www.robotilecuador.com); (Biofeeder, 2016c, www.biofeeder.net).

De la tabla 5-1 se observa que el alimentador con mayor valoración es el bioFeeder, su mayor capacidad de almacenamiento, rango de cobertura, integración de sensores y programación vía online lo convierte en el dispositivo más idóneo para la alimentación de camarones, sin embargo, el proceso de crianza de tilapias posee sus propias características de alimentación, donde el alimentador biofeeder no cubre esas necesidades, debido al diferente tipo de balanceado de distintos tamaños, diferentes horarios de alimentación, detección de presencia de lluvias, control de calidad de agua y dosificación de cantidades exactas de alimento, todas ellas variables indispensables para el eficiente proceso de alimentación de tilapias.

1.5 Elementos constitutivos de los alimentadores automáticos

Debido a que únicamente existen alimentadores automáticos para camarones, surge la necesidad de la creación de un alimentador automático autónomo que supla todas las necesidades de la crianza de tilapias. Los alimentadores presentados anteriormente utilizan la distribución de alimento en forma circular, considerado la manera más eficiente de distribuir balanceado ya que tiene una mayor área de cobertura. Para la creación del prototipo se identifica las partes que permiten la dosificación del alimento, es decir: la extracción de balanceado, la dispersión y principalmente el funcionamiento del panel de control. Se presenta también los posibles dispositivos que realicen las mismas funciones de los alimentadores automáticos existentes en el mercado, para su selección se utiliza la escala liker que maneja valores de 0-5 y a través de su media se elige el dispositivo más apropiado para el proyecto.

1.5.1 Panel de control

El controlador central es el encargado de manejar los horarios de alimentación, el número de veces que se alimenta en el día, el número de días a la semana y el tiempo que permanece encendido los actuadores, como se observa en la figura 9-1 tomando como referencia el controlador del alimentador ProAqua GRA-4539-EQU, se identifica que este dispositivo basa su funcionamiento en temporizadores, a su vez que se encarga de regular la energía del panel a la batería y la activación de hasta dos motores.

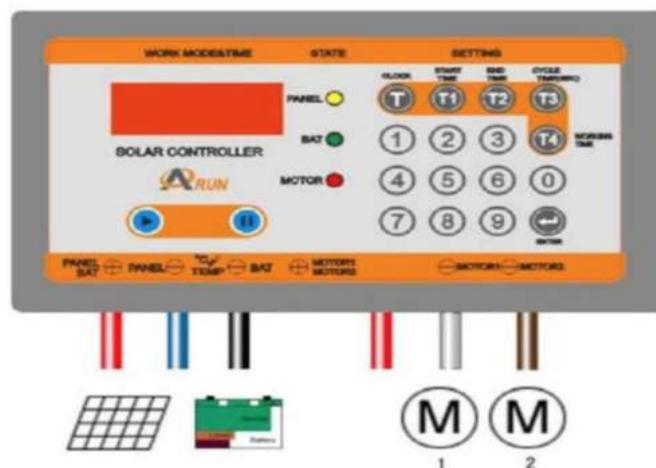


Figura 9-1: Controlador del alimentador GRA-4539-EQU

Fuente: (ProAqua, 2018d, www.proaqua.mx).

Las tarjetas de desarrollo programables existentes en el mercado pueden manejar el proceso de alimentación de las tilapias, con la ventaja de incorporar nuevos requerimientos del usuario y en determinado punto modificarlos sin la necesidad de cambiar el dispositivo. En la tabla 6-1 se presenta la comparación entre las principales familias de las tarjetas de desarrollo que podría llegar a utilizarse en el proyecto.

Tabla 6-1: Comparación de las principales tarjetas de desarrollo para el alimentador

Características	Arduino	Valoración	Raspberry pi	Valoración	PLC	Valoración
Voltaje de alimentación.	7-12V	5	5V	5	24VDC	1
Pines digitales I/O	Sí	5	Sí	4	Sí	4
Pines Analógicos.	Sí	5	No	2	No	1
Corriente I/O	40mA	4	2,5A	3	8A por relé	4
Velocidad reloj	16MHz	4	1,2GHz	5	100KHz	3
Precio	\$20	5	\$75	4	\$280	2
TOTAL		4,67		3,83		2,5

Fuente: (ANTONY GARCÍA GONZÁLEZ, 2013, <http://panamahitek.com>); (Cruceira Aragón and Gonzalez Sanchez, 2017, <https://ingenierate.com>); (Siemens, 2018, <https://w5.siemens.com>).

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

De la tabla 6-1 la valoración muestra que la tarjeta más apropiada para el proyecto pertenece a la familia Arduino, debido principalmente a la cantidad de pines analógicos y digitales utilizables, al precio y a la compatibilidad con los diversos sensores y actuadores disponibles en el mercado.

1.5.2 Extracción de balanceado

En los alimentadores presentados la extracción de balanceado lo realiza un motor pequeño ubicado en un embudo justo por debajo de la tolva de almacenamiento, como se observa en la figura 10-1 tomando como referencia el alimentador ProAqua GRA-4539-EQU, el motor extractor es el encargado de mover el balanceado para después dejarlo caer a través de un tubo de salida vertical hacia la etapa de dispersión, el tiempo de funcionamiento de este motor viene dado por el controlador.

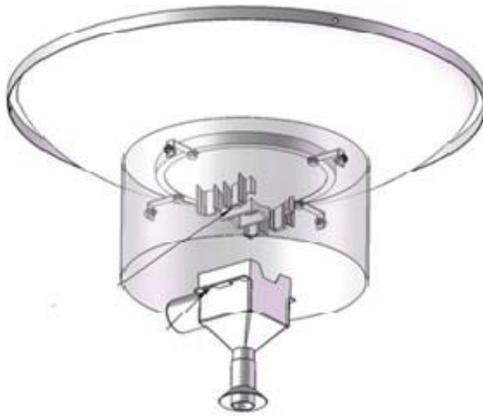


Figura 10-1: Extractor de balanceado del alimentador ProAqua GRA-4539-EQU

Fuente: (ProAqua, 2018e, www.proaqua.mx).

Existen varios tipos de motores que podrían ser utilizados en la extracción del balanceado, se debe considerar que el motor debe sacar pellets desde 2 mm hasta 10 mm, el motor tiene que utilizar voltaje continuo, ser de alto torque y de baja velocidad para que el dispensador tenga el suficiente tiempo de distribuir el balanceado que le llega. En la tabla 7-1 se presenta una comparación entre los motores más comunes que se encuentra en el mercado, estos son: motores paso a paso, servo motores y motores DC.

Tabla 7-1: Comparación de motores para la etapa de extracción de balanceado

Características	Motor DC	Valoración	Servo motor	Valoración	Motor paso a paso	Valoración
Tipo de rotación	Rotación continua	4	Rotación limitada a 180°	0	Rotación precisa a 360°	5
Velocidad de giro	Alta	3	Alta	3	Baja	4
Torque	Bajo	2	Alto	5	Alto	5
Modo de control	Control de velocidad por modulación de ancho de pulso.	5	Control de ángulos de posicionamiento o a través de un circuito de servo regulación	4	Regulación del número de pasos a través de un controlador	4
TOTAL		3,5		3		4,5

Fuente: (SonRobots, 2018, l. www.sonrobots.com)

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

De la tabla 7-1 la valoración mayor la tiene el motor de paso, la capacidad de girar 360°, ser preciso, poseer alto torque y poder programarse el número de pasos lo hace el más adecuado para la etapa de extracción de balanceado, donde la cantidad de balanceado a dosificar tiene un papel muy importante dentro de la alimentación de las tilapias.

1.5.3 *Dispersión*

La etapa de dispersión determina el área de cobertura del balanceado, la velocidad del motor tiene un papel muy importante, ya que a mayor velocidad mayor distancia de disparo, en la figura 11-1 se presenta los componentes de la etapa de dispersión del alimentador ProAqua GRA-4539-EQU, se halla conformado por un motor con una velocidad mínima de 2700 revoluciones/minuto y un dissipador de dos canales que distribuyen el balanceado en forma circular.

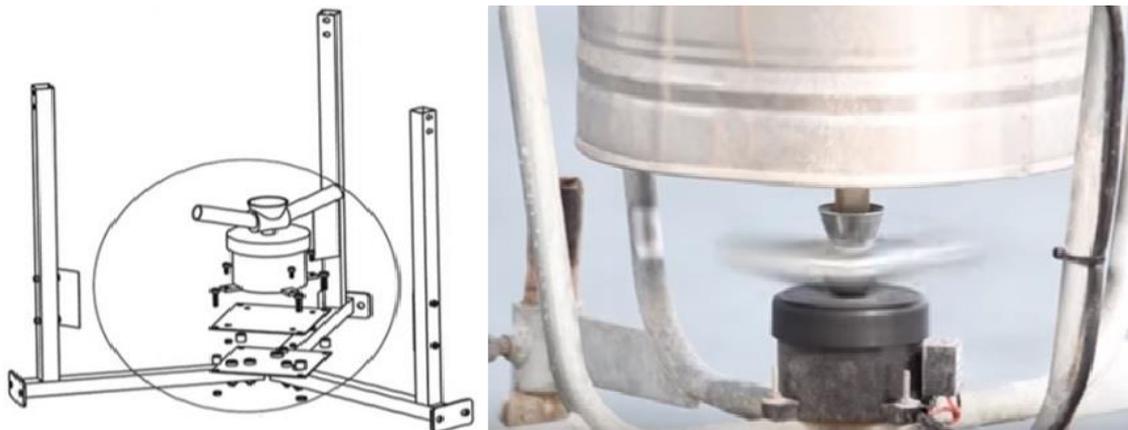


Figura 11-1: Etapa de dispersión del alimentador ProAqua GRA-4539-EQU

Fuente: (ProAqua, 2018f, www.proaqua.mx).

Existen varios tipos de motores que podría realizar la dispersión del alimento, las características principales son: número de revoluciones por minuto y la posibilidad de controlar la velocidad y sentido de giro, motores de altas revoluciones son los DC con escobillas, brushless sin escobillas y los motores AC, en la tabla 8-1 se presenta una comparación entre los motores mencionados.

Tabla 8-1: Comparación de motores para la etapa de dispersión de balanceado

Características	Motor DC con escobillas	Valoración	Motor brushless	Valoración	Motor AC	Valoración
Tipo de voltaje	12 VDC	5	11,1 VDC	5	208-230 VAC	0
Corriente	12 A	4	45 A	3	0,55 A	5
Revoluciones	3000 RPM	4	4370 KV	5	1700 RPM	2
Torque	Bajo	3	Medio	4	Alto	5
Mantenimiento	Si	3	No	5	No	5
Modo de control	Control de velocidad por modulación de ancho de pulso.	5	Regulación de velocidad de giro a través de un controlador	4	Regulación de velocidad a través de un variador de frecuencia	3
TOTAL		4		4,33		3,33

Fuente: (Alibaba, 2018a, l. www.spanish.alibaba.com); (Goolrc, www.goolrc.com); (Alibaba, 2018b, l. www.spanish.alibaba.com)

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

De la tabla 8-1 el motor brushless obtuvo la mayor valoración con una media de 4.33, el número de revoluciones que puede llegar a alcanzar dependiendo del voltaje aplicado lo hace el más adecuado para este tipo de aplicación, ya que debe ser capaz de expulsar el balanceado a gran velocidad y por lo tanto a grandes distancias, y al no tener escobillas no requiere mantenimiento y se disminuye el desgaste.

1.6 Sistema fotovoltaico

La utilización de un panel solar permite otorgar energía eléctrica al dispositivo sin causar ningún impacto ambiental, debido a que el alimentador se puede utilizar en cualquier piscina de crianza de tilapias, éste debe poseer autonomía energética.

1.6.1 Energía total a generar por el sistema fotovoltaico

Para determinar la cantidad de energía que consume todo el dispositivo alimentador en un día de trabajo, es necesario realizar una tabla de consumo de los elementos que conforman todo el sistema; con el objetivo de determinar la energía total que el sistema fotovoltaico debe proveer, se consideran 3 variables para el dimensionamiento, el factor de seguridad que representa el nivel de polvo y suciedad que se puede acumular en el panel, la energía de consumo y la energía extra que considera las condiciones climatológicas que posee poca presencia solar.

- **Energía de consumo**

Representa el nivel de consumo de los elementos del sistema en un día de trabajo en Wh/día, en relación a un coeficiente de eficiencia total.

$$E_{consumo} = \frac{E_{carga_total}}{nB * nR * nX} \quad \text{Ecuación 1 - 1}$$

Donde

E_{consumo}: Consumo total del alimentador en relación a la eficiencia de los elementos en (Wh/día)

E_{carga_total}: Consumo del alimentador en un día de funcionamiento en (Wh/día)

nB: Eficiencia de la batería

nR: Eficiencia del regulador

nX: Eficiencia por otras pérdidas

- **Energía extra**

Representa las condiciones climáticas externas como: presencia de lluvias, días nublados, días con poca presencia de luz solar.

$$E_{extra} = \gamma_{extra} * E_{consumo} \quad \text{Ecuación 2 - 1}$$

Donde

E_{extra}: Energía extra que asegura funcionamiento frente a condiciones ambientales en (Wh/día)

γ_{extra}: Porcentaje de energía extra igual a 0,2 (20%)

E_{consumo}: Energía de consumo en (Wh/día)

- **Energía total a generar**

Representa el nivel de energía que el sistema fotovoltaico debe suplir para el normal funcionamiento del alimentador, utiliza un factor de seguridad del 10% de acuerdo al nivel de polvo, suciedad y degradación del panel solar.

$$E_{generación_total} = \lambda(E_{consumo} + E_{extra}) \quad \text{Ecuación 3 – 1}$$

Donde

E_{generación_total}: Energía total que el sistema fotovoltaico necesita suministrar en (Wh/día)

λ: Factor de seguridad igual a 1,1

E_{consumo}: Energía de consumo en (Wh/día)

E_{extra}: Energía extra en (Wh/día)

1.6.2 Panel solar

Un panel solar posee características eléctricas y de funcionamiento, únicamente las horas solares pico (HSP) depende de la ubicación del lugar a implementar, todo ello para determinar la potencia del panel a utilizar tomando en cuenta que debe ser mayor o igual a la energía total a generar (Moreno, 2016a, pp. 66-67).

$$E_{panel} = W_p * HSP * \left(\frac{Vn}{Vp}\right) \quad \text{Ecuación 4 – 1}$$

Donde

E_{panel}: Energía que suministra el panel solar en (Wh/día)

W_p: Potencia pico del panel solar en (W)

HSP: Nivel de insolación en horas solares pico en (H)

V_n: Tensión nominal del panel solar en (V)

V_p: Tensión pico del panel solar en (V)

1.6.3 Batería solar

La batería determina el tiempo de autonomía del alimentador, su capacidad da a conocer la cantidad de corriente máxima que es capaz de suministrar en una hora de funcionamiento hasta su descarga, la profundidad o porcentaje de descarga determinan su tiempo de vida.

$$C_{\text{nominal_batería}} = \frac{E_{\text{carga_total}}(D_{\text{aut}} + 1)}{V_{\text{nom}} * P_{\text{dmax}} * n_{\text{BD}}} \quad \text{Ecuación 5 - 1}$$

Donde

C_{nominal_batería}: Capacidad nominal de la batería en (Ah)

E_{carga_total}: Consumo del alimentador en un día de funcionamiento en (Wh/día)

D_{aut}: Días de autonomía

V_{nom}: Tensión nominal en el que trabaja la batería en (V)

P_{dmax}: Eficiencia de la profundidad de descarga en (%)

n_{BD}: Eficiencia de convertir energía química en eléctrica en (%)

1.6.4 Regulador de carga solar

El regulador de carga permite cargar la batería a través del panel solar, controla los niveles de corriente y permite el suministro de energía a la carga a través de la batería cuando el panel solar no la produce. Para determinar el regulador de carga se necesita conocer 2 parámetros: la corriente del sistema y el voltaje nominal, para asegurar un adecuado funcionamiento se añade un factor de seguridad del 25% y se dimensiona de acuerdo a la corriente de cortocircuito (Moreno, 2016b, p. 74).

$$I_{\text{regulador}} = F_{\text{seg}} * N_{\text{pp}} * I_{\text{cc}} \quad \text{Ecuación 6 - 1}$$

Donde

I_{regulador}: Corriente máxima de carga que maneja el regulador en (A)

F_{seg}: Factor de seguridad igual a 1,25

N_{pp}: Número de paneles en paralelo

I_{cc}: Corriente de corto circuito del panel solar

CAPÍTULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

Este capítulo contiene las fases de desarrollo del alimentador, en la primera etapa se describe los requerimientos que debe cumplir el dispositivo, la segunda etapa está conformada por la arquitectura general del prototipo, la tercera etapa abarca la selección de dispositivos eléctricos y electrónicos (hardware), la cuarta etapa se presenta el diseño esquemático del prototipo, la interacción entre módulos, sensores y actuadores utilizados, en la quinta etapa los diagramas de estado basados en el Lenguaje Unificado de Modelado (UML), los Entornos de Desarrollo Integrado (IDE), y la Interfaz Humano-Máquina (HMI), en la sexta etapa se expone el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica, y finalmente la séptima etapa se detalla el diseño de la estructura mecánica, con su sistema de traslado y posicionamiento, planos de construcción, dimensionamiento y ensamblaje.

2.1 Requerimientos del alimentador

A continuación, se detalla las necesidades que se desea cubrir para el Sistema Inalámbrico de Alimentación de Tilapias basado en el Control de calidad de Agua y Variables Climatológicas (SIAT-CAVC).

- Manejo de cuatro tipos de balanceado.
- Porcentaje y frecuencia de alimentación.
- Horarios de alimentación.
- Cantidad de balanceado.
- Calidad de agua y condiciones climatológicas.
- Distribución del balanceado.
- Sistema de traslado y posicionamiento.
- Notificaciones al usuario.
- Suministro de energía.

2.2 Arquitectura general del prototipo

La concepción del sistema se los distribuye en 10 bloques interconectados entre sí, estos son: bloque de suministro energético, bloque de procesamiento, bloque de DO, bloque de lluvia, bloque de nivel de balanceado, bloque de tiempo, bloque de Servicios de Mensajes Cortos (SMS), bloque HMI, bloque de potencia y bloque de actuadores.

- El bloque de suministro energético se encarga de proveer energía para los diferentes dispositivos, considerando que al dispositivo se lo puede utilizar en varias piscinas el sistema de abastecimiento debe ser portable.
- El bloque de procesamiento es el bloque principal del sistema, éste es el encargado de comunicarse con los demás bloques y procesar datos para dar dosis de balanceado exactas en horarios específicos, bajo parámetros de clima, calidad de agua y nivel de balanceado adecuados.
- El bloque de DO es el encargado de registrar los valores de oxígeno disuelto del agua y enviar al bloque de procesamiento.
- El bloque de lluvia se encarga de detectar la presencia o ausencia de precipitaciones, debe poseer un rango de valores que permita diferenciar una llovizna de un leve rocío.
- El bloque de nivel de balanceado se encarga de medir constantemente la cantidad de alimento almacenado en la tolva para su dosificación.
- El bloque de tiempo es el encargado de proveer la fecha y hora actual, muy importante para establecer los horarios y los días de alimentación.
- El bloque SMS se encarga de las notificaciones al teléfono del usuario vía mensajes de texto y llamadas telefónicas
- El bloque HMI es el encargado de la comunicación directa con el usuario, permite ingresar la cantidad de balanceado a dosificar, seleccionar parámetros como tipo de balanceado, porcentaje y frecuencia de alimentación, visualizar los datos provenientes de los bloques de DO, lluvia y nivel de balanceado, y a su vez ser capaz de ingresar y modificar el número telefónico a notificar.
- El bloque de potencia se encarga de comunicar el bloque de procesamiento con el bloque actuadores, manejando señales bajas a su entrada y de alta potencia a su salida.
- El bloque de actuadores está constituido con los dispositivos externos necesario para la extracción y dosificación del balanceado.

En el diagrama 1-2 se aprecia la interacción entre todos los bloques que conforman SIAT-CAVC.

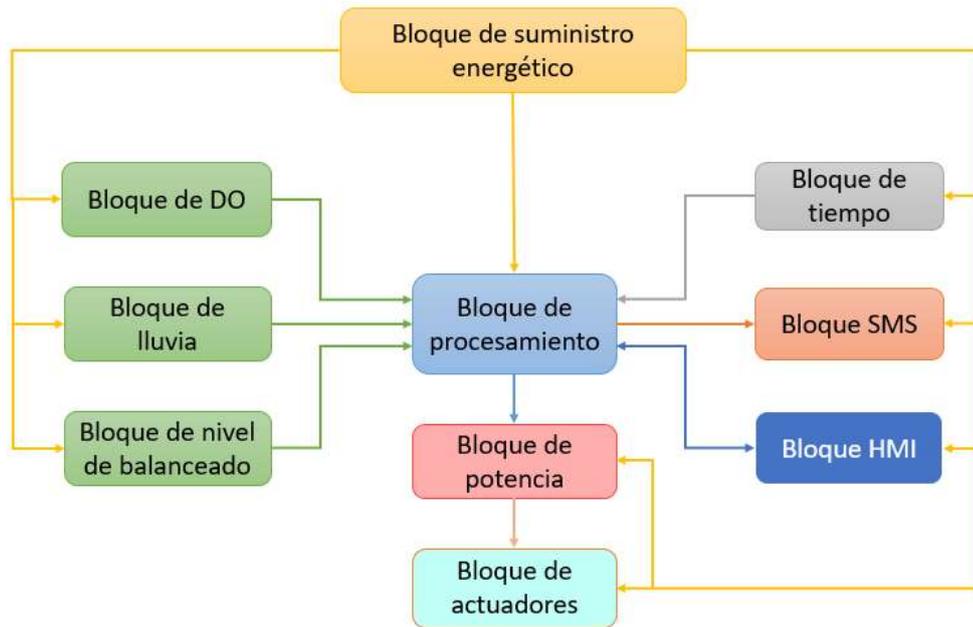


Diagrama 1-2: Diagrama de bloques de la arquitectura del prototipo

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018

2.3 Selección del hardware.

A continuación, en las tablas 1-2 al 8-2, se muestran las diferentes opciones eléctricas y electrónicas respectivamente que requiere el dispositivo tecnológico, se revisaran los parámetros importantes para la selección del hardware compatible con el microcontrolador, voltajes de entrada-salida, corriente nominal, temperatura, rango de operación, tiempo de respuesta, protocolo de comunicación, tipo de tecnología, etc. Todos estos parámetros mencionados anteriormente fueron calificados en una escala del 1 al 5, donde la escala más alta tiene un mayor peso de calificación y por último se determinará la media para saber que dispositivo es el adecuado por su selección.

2.3.1 Motor Paso a Paso.

Los motores paso a paso (PaP) o también conocido como stepper, son comúnmente reconocidos por su par de retención, que permite contener una carga en reposo. Para movimientos dinámicos, es el torque de extracción del motor que se debe tomar a consideración.

Para el cálculo de la capacidad de torque del motor PaP se utilizó la **Ecuación 1 – 2** $\tau = F * d$ donde:

τ : Es el torque expresado en kg*cm

F : Es la fuerza expresada en kg

d : Es la distancia expresada en cm

Para el dimensionamiento del motor PaP, primero se debe tener presente que el motor va a estar acoplado a un tornillo sin fin, este tornillo tiene la capacidad de almacenar 1,9 kg, y soportar un peso extra de 20 kg, como última medida a tener en consideración es el diámetro del motor PaP correspondiéndole un valor de 10 mm. A continuación, se procede a hacer uso de la ecuación 1-2 obteniéndose un torque de 11 kg.cm.

Tabla 1-2: Datos técnicos motor PaP.

Característica	Unipolar	Valoración	Bipolar	Valoración
Torque	Medio	3	Alto	5
Velocidad	Intermedia	3	Intermedia	4
Número de Hilos.	5-6	1	4	4
Costo	Bajo	2	Alto	2
TOTAL		2,25		3,75

Fuente: (EcuRed, 2008, l. www.ecured.cu)

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

En la tabla 1-2 se concluye que los motores bipolares presentan un alto torque de retención vs al unipolar obteniéndose una valoración de 3,75, en la figura 1-2 se muestra la selección del motor bipolar nema 23 de 19kg*cm de cuatro hilos. En el apartado del anexo A se puede evidenciar el datasheet del motor PaP nema 23.

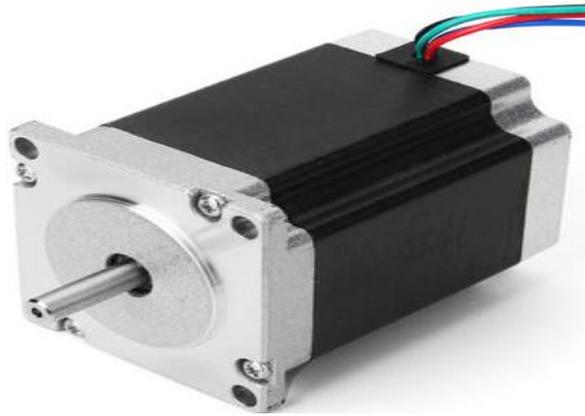


Figura 1-2: Motor Paso a Paso hibrido.

Fuente: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

2.3.2 *Motor brushless.*

Son motores eléctricos de CC sin escobillas, síncronos alimentados con corriente continua a través de un inversor DC-AC. El controlador proporciona impulsos de corriente a los devanados del motor controlando el torque y la velocidad.

Tabla 2-2: Datos técnicos motor brushless.

Característica	GoolRC	Valoración	EZRUN V2	Valoración
Voltaje de entrada.	7,4-11,1V	4	7,3-16V	5
Corriente	45A	4	60A	4
KV	4370KV	5	6000KV	0
TOTAL		4,33		3

Fuente: (RCsmart, <http://www.rcsmart.com>); (Goolrc, www.goolrc.com)

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

En la tabla 2-2 se obtuvo una valoración de 4,33 dando al motor GoolRC vs EZRUN V2 como el ganador por su alto torque y velocidad, unos de los aspectos más importantes para su selección fue detectar correctamente en los datos técnicos el KV, donde mencionado KV debe encontrarse por debajo de los 4500. En la figura 17-2 numeración tres se encuentra el dispositivo de aspergeo, mencionado dispositivo tiene la capacidad de girar de acuerdo al motor GoolRC como se aprecia en la figura 2-2. En el apartado del anexo B se puede evidenciar el datasheet del motor brushless GoolRC.



Figura 2-2: Motor brushless.

Fuente: Coba, José; Hernández, Byron; 2018

2.3.3 Sensor de Oxígeno disuelto.

Es utilizado para medir los niveles de concentración de oxígeno que existen en los fluidos como por ejemplo en las aguas residuales, estanques de peces, para determinar la calidad de agua que existe para el consumo humano, etc. Las unidades de medición son mg/L, ppm y porcentaje de saturación.

Tabla 3-2: Datos técnicos sensor de oxígeno disuelto.

Características	EZO-DO™	Valoración	ODO Sensors for Monitoring and Control	Valoración
Voltaje de operación.	3.3-5v	5	6.3VDC	1
Corriente de trabajo.	15mA	5	10-20mA	5
Temperatura.	-40 a 85°C	5	-20 a 70°C	5
Rango de operación	0.01-100+mg/L	5	0 a 50mg/L	4
Precisión	+/-0.05mg/L	5	+/- 0.2mg/L	4
Tiempo de respuesta.	1 lectura por seg.	5	90% en 25 seg.	1
Protocolo de comunicación.	UART&I ² C	5	RS485	1
Acondicionador de señal.	Sí	5	No	1
TOTAL		5		2,75

Fuente: (YSI, <https://www.ysi.com>); (Atlas Scientific, <https://www.atlas-scientific.com>).

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

En la tabla 3-2 el sensor de oxígeno disuelto de Atlas Scientific vs ODO fue el ganador con una valoración de cinco, las características relevantes para su selección fue la tarjeta de acondicionamiento, la tecnología TTL y el rango de operación. En la figura 3-2, se observa dispositivo seleccionado. En el apartado del anexo C se puede evidenciar el datasheet del sensor Sensor EZO-DO™.



Figura 3-2: Sensor EZO-DO™.

Fuente: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

2.3.4 Sensor de distancia.

El sensor HC-SR04 es utilizado para medir distancias en un rango de 2-450 cm. Destacando un bajo precio, precisión exacta y bajo consumo energético.

Tabla 4-2: Características sensores de distancia.

Características	Sensor Ultrasónico HC- SR04	Valoración	Sensor capacitivo LJC18A3-H- Z/BX	Valoración
Voltaje de operación	5Vcc	5	6-36V DC	2
Corriente de trabajo	15mA	5	300mA	1
Rango de detección	2-450cm	5	1mm a 10mm	2
Frecuencia de trabajo	40KHz	4	0,5Hz	1
Temperatura de trabajo.	---	1	-25 a 70 ⁰ C	4
Angulo de medición	15 ⁰	3	---	1
TOTAL		3,833		1,833

Fuente: (Electro schematics, <https://www.electroschematics.com>); (Naylampmechatronics, <https://naylampmechatronics.com>).

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

En la tabla 4-2 el dispositivo HC-SR04 vs LJC18A3-H-Z/BX fue el ganador con una valoración de 3,83 obteniéndose un mayor peso de valoración al rango de detección y el tipo de tecnología TTL. En la figura 4-2 se muestra el sensor de distancia seleccionado para el prototipo SIAT-CAVC. En el apartado del anexo D se puede evidenciar el datasheet del sensor HC-SR04.



Figura 4-2: Sensor ultrasónico HC-SR04.

Fuente: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

2.3.5 Sensor de lluvia

El sensor de lluvia YL-83 es capaz de detectar gotas de agua por lo que puede ser utilizado en sistemas donde se necesita conocer el factor climático, presenta salidas de voltajes analógicas y digitales y un potenciómetro para regular la sensibilidad de las lecturas, este módulo presenta un bajo consumo energético, y un bajo costo

Tabla 5-2: Datos técnicos sensor de lluvia.

Características	Yl-83	Valoración	M-152	Valoración
Voltaje de operación	3.3-5v	5	12V/DC	1
Corriente de operación.	15mA	4	160mA	2
Salida analógica.	A0	5	---	1
Salida digital.	D0	3	Relé	2
TOTAL		4,25		1,5

Fuente: (patagoniatec, <https://saber.patagoniatec.com>); (Kemo-electronic, <https://www.kemo-electronic.de>).

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

En la tabla 5-2 el sensor YL-83 vs M-152 fue el ganador con una valoración de 4,25 los datos técnicos más relevantes fueron la tecnología TTL, y su salida análoga. En la figura 5-2 se puede observar el sensor de lluvia seleccionado para el prototipo SIAT-CAVC. En el apartado del anexo E se puede evidenciar el datasheet del sensor YL-83.



Figura 5-2: Sensor de lluvia YL-83.

Fuente: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

2.3.6 Módulo de comunicación.

El módulo SIM900 es una tarjeta de comunicación ultra compacta inalámbrica, permite realizar comunicación vía red Sistema Global para comunicaciones Móviles (GSM) como por ejemplo enviar, recibir mensajes, etc. La programación de este módulo es controlada vía Transistor-Receptor Asíncrono Universal (UART) mediante comandos atención (AT).

Tabla 6-2: Datos técnicos módulo de comunicación.

Características	SIM900	Valoración	SIM808	Valoración
Voltaje de operación	5-9-12V	5	5-9-12V	5
Corriente de operación.	2-1-1A	3	2-1-1A	3
Conexión	Puerto Serial	4	Puerto Serial	3
GPRS & GSM	Sí	5	GPRS&GSM&GPS	5
Soporta RTC	sí	5	sí	4
Consumo en modo sleep.	1.5mA	4	1.5mA	3
Temperatura de operación.	-40°C a 85°C	4	-40°C a 85°C	4
Control mediante comandos AT	Sí	5	Sí	5
Costo USD.	35,00	4	90,00	1
TOTAL		4,33		4,22

Fuente: (PROMETEC, www.prometec.net); (Uriarte, www.prometec.net).

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

En la tabla 6-2 el módulo de comunicación SIM900 vs SIM808 fue el ganador con una valoración de 4,33 el dato más relevante fue el costo con respecto a las demás características todos fueron similares. En la figura 6-2, se aprecia la selección del módulo SIM900 para el prototipo SIAT-CAVC. En el apartado del anexo F se puede evidenciar el datasheet del módulo SIM900.



Figura 6-2: SIM900.

Fuente: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

2.3.7 Microcontroladores.

Un microcontrolador es un circuito integrado compacto para gobernar una operación específica en un sistema integrado.

Tabla 7-2: Comparaciones microcontroladores Arduino.

Características	Arduino Mega R3	Valoración	Arduino Nano	Valoración	Arduino Uno R3	Valoración
Voltaje de alimentación.	7-12V	5	7-12V	5	7-12V	5
Entradas digitales/ pwm	54/15	5	14/6	4	14/6	4
Entradas/ salidas Analógicos.	16/0	5	8/0	5	6/0	2
Corriente I/O	40mA	4	40mA	4	40mA	4
Velocidad reloj	16MHz	4	16MHz	4	16MHz	4
TOTAL		4,6		4,4		4

Fuente: (Arduino, 2018, l. www.arduino.cc)

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

En la tabla 7-2 se muestran las consideraciones de selección, para el sistema de traslado y posicionamiento se opta por un arduino nano, por presentar entradas digitales, por la velocidad de procesamiento y por presentar menor tamaño comparado a los diferentes arduinos, para el prototipo SIAT-CAVC se eligió el arduino mega R3 por presentar entradas y salidas digitales 54/15. En la figura 7-2 se muestran los microcontroladores seleccionados. En el apartado del anexo G se puede evidenciar el datasheet del Arduino mega R3 y el Arduino nano.



Figura 7-2: Arduino Mega R3 y arduino nano.

Fuente: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

2.3.8 Driver del motor PaP.

Es un controlador que permite manejar motores PaP bipolares, tienen la capacidad de ajustar la corriente de operación y el número de pasos para su respectivo trabajo

Tabla 8-2: Datos técnicos de drivers para motores PaP bipolares.

Características	Drv8825	Valoración	A4988	Valoración	TB6600	Valoración
Voltaje de alimentación	8.2 a 45v	4	8 a 35v	4	9 a 40v	4
Corriente Regulable	Sí	5	Sí	5	Sí	5
Tipo de conexión	Bipolar	4	Bipolar	4	Bipolar	4
Resolución de pasos	6	3	5	3	7	4
Protección con corto circuitos	Sí	4	Sí	4	Sí	4
Tipo de Uso	Didáctico	1	Didáctico	1	Industrial	5
TOTAL		3,5		3,5		4,3

Fuente:(Pololu, www.pololu.com); (Pololu, www.pololu.com);(Bricogeek, tienda.bricogeek.com)

Realizado por: Coba, José; Hernández Byron; 2018.

En la tabla 8-2, se puede observar los controladores que fueron de experimentación, se recurrió a hacer pruebas con el fin de comprobar su funcionamiento, el driver que se llevó el primer puesto fue el tb6600 por el tipo de uso industrial. En la figura 8-2, se evidencia la selección del driver. En el apartado del anexo H se puede evidenciar el datasheet del driver TB6600.



En la tabla 9-2 se detallan los controladores disponibles en el mercado. El driver BTS7960 vs VNH2SP3 vs relay fue el vencedor con un puntaje de 4,6 y por tener mayor peso de valoración en la inversión de giro y control de velocidad. En la figura 9-2, se puede evidenciar la selección del driver TBS7960 para el prototipo SIAT-CAVC. En el apartado del anexo I se puede evidenciar el datasheet del driver TBS7960.

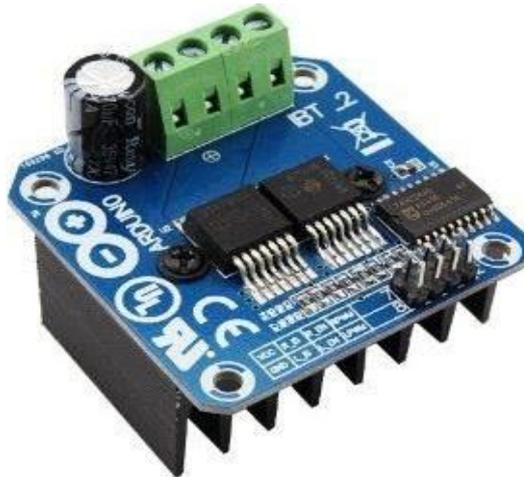


Figura 9-2: Driver TBS7960.

Fuente: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

2.3.10 HMI.

Para la interacción hombre-máquina se seleccionó la pantalla nextion de 3,2 pulgadas, utiliza un puerto serie para su comunicación reduciéndose en una gran parte la utilización de cables, esta pantalla proporciona una interfaz de visualización y control de procesos, trabaja con tecnología TTL. En la figura 10-2, se observa la pantalla nextion, y para acceder al datasheet ver anexo J.



Figura 10-2: Pantalla nextion 3.2".

Fuente: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

2.4 Diagrama esquemático y PCB del prototipo SIAT-CAVC.

Para el diseño tanto del esquemático como el PCB del alimentador y del sistema de traslado y posicionamiento se lo realizó a través del software EAGLE 8.0.1 premium (Autodesk, 2018, 1. www.autodesk.com).

2.4.1 Diagrama esquemático del alimentador

En la figura 11-2 contiene las conexiones entre los diferentes dispositivos mencionados anteriormente, para su alimentación se utilizaron 2 fuentes de 9v a 1 A para el arduino y el módulo gsm y una fuente de 5v a 1A para la alimentación externa de los módulos relé, consta de un módulo regulador de voltaje de 8 A para reducir el voltaje de 12v proveniente de la batería a 11,1v que necesita el driver ESC del motor brushless, para el resto de dispositivos que incluye la pantalla nextion, sensores y rtc se abastece con la alimentación de 5v propia del arduino mega, la fuente principal de energía viene proporcionada por una batería solar de 12v a 55Ah.

Tabla 10-2: Pines de conexión del prototipo SIAT-CAVC.

Módulos	Pines del Arduino	Pines del Modulo	Especificaciones
Nextion	16	Rx	Comunicación serial 2
	17	Tx	Comunicación Serial 2
	23	Vcc	Alimentación Nextion
Ultrasónico	7	Pecho	Comunicación
	6	Ptrig	Comunicación
	25	Vcc	Alimentación.
Sensor de lluvia1	A10	A0	
	27	Vcc	Alimentación
Sensor de lluvia2	A11	A0	
	29	Vcc	Alimentación
Sensor DO	15	Tx	Comunicación serial3
	14	Rx	Comunicación serial3
	31	Vcc	Alimentación
GSM	10	Tx	Comunicación serial1
	11	Rx	Comunicación serial1
	33	Pulsador de encendido	Pulsador físico
	35	Vcc	Alimentación por relé
Actuador	37	Input relé	Activación por relé aireador
Driver tb6600	2	PUL+ DIR+ ENA+	Pines interconectados
	3	PUL-	
	4	DIR-	
	5	ENA-	
	13	Vcc	Alimentación por relé
Brushless ESC	9	Señal PWM	Cable blanco
	12	Vcc	Alimentación por relé

Realizado por: Coba, José; Hernández Byron; 2018.

En la tabla 10-2 se detalla los pines de conexión entre los módulos de comunicación y el Arduino mega.

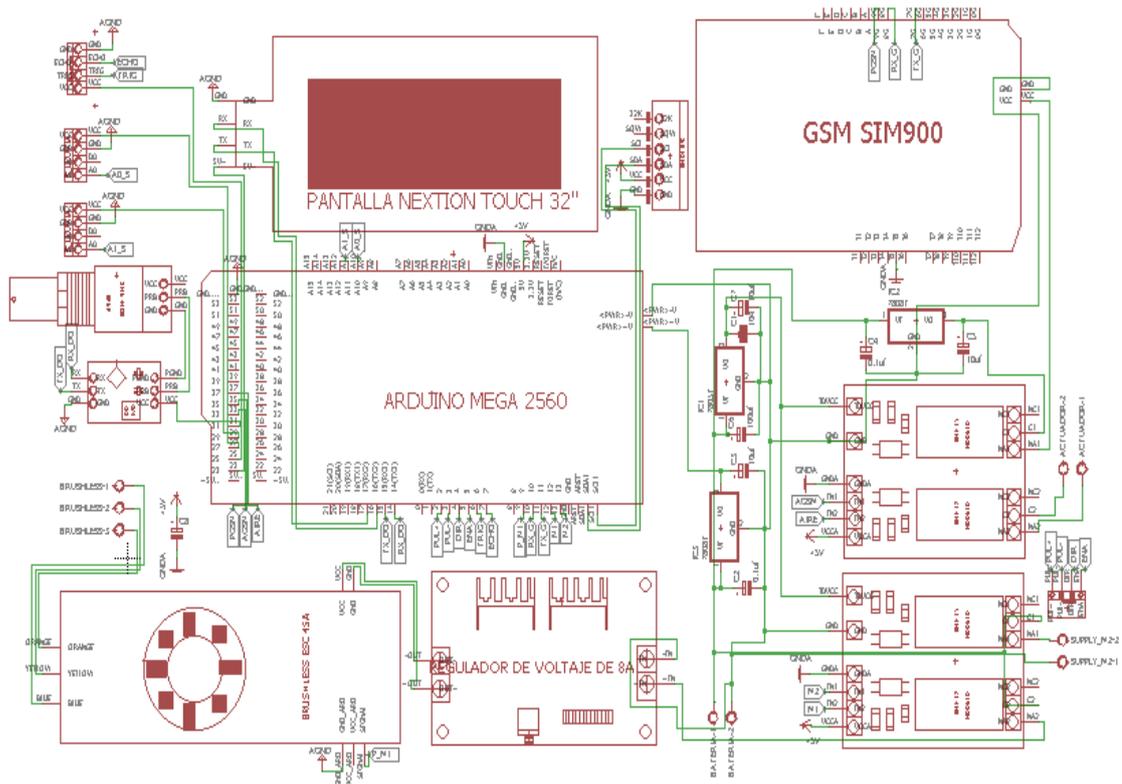


Figura 11-2: Diagrama esquemático del SIAT-CAVC.

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018

2.4.2 Diagrama PCB del Alimentador

Para el diseño del PCB del SIAT-CAVC como se presenta en la figura 12-2 se consideró la posición de los elementos en la placa principal, el tamaño de las pistas para soportar las corrientes de cada dispositivo y el ancho de los pads para el ingreso de los pines de cada elemento. Para la conexión entre el arduino mega y la mayoría de los elementos se utilizaron pistas de 1,43 mm de ancho, únicamente para los pines de entrada de la batería solar, pines de salida de los módulos relé, y conexiones entre el regulador de ocho amperios y el driver del ESC del brushless se utilizaron pistas de tres mm, para el conexionado entre los elementos externos y la placa se utilizaron borneras y conectores molex de dos, tres y cuatro pines.

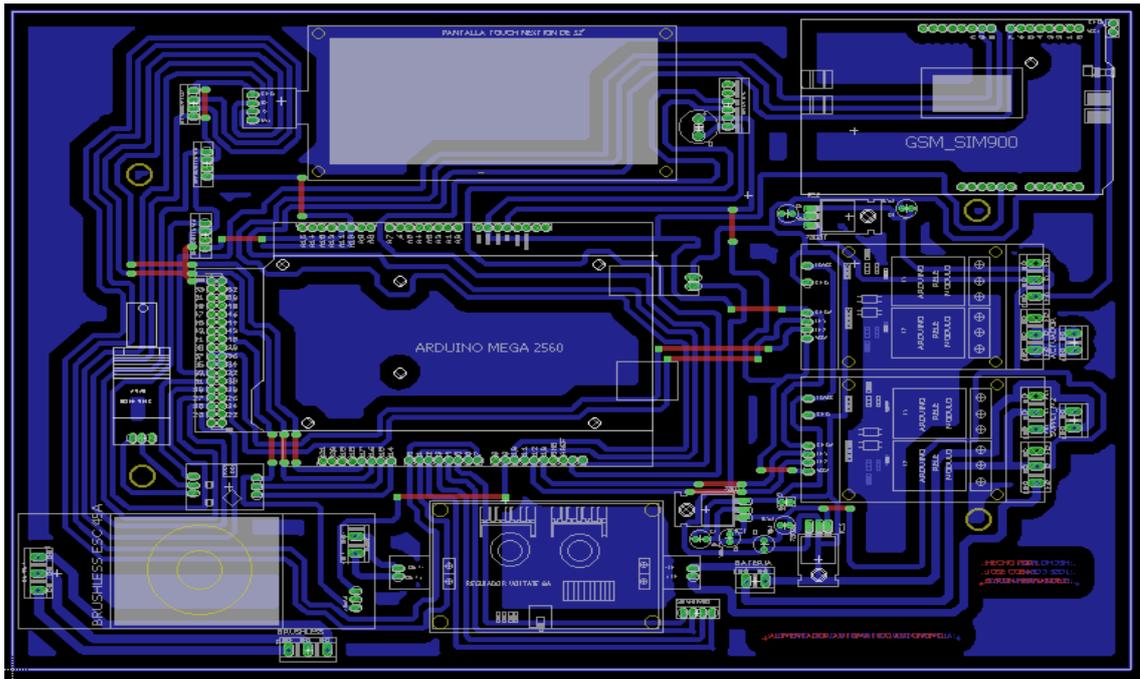


Figura 12-2: Placa de circuito impreso del SIAT-CAVC.

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018

2.4.3 Diagrama esquemático del sistema de traslado y posicionamiento

En la figura 13-2 se presenta el diagrama esquemático del sistema de posicionamiento, se utilizó los siguientes elementos: un microcontrolador Arduino nano, un driver tbs7960 encargado de regular la velocidad y el sentido de giro del motor, un módulo relé de dos canales para visualizar el estado del motor DC con la ayuda de dos lámparas piloto y una fuente DC conmutada de 12 v a 16 A.

Tabla 11-2: Pines de conexión sistema de traslado y posicionamiento.

Módulos	Pines del Arduino	Pines del Módulo	Especificaciones
Tbs7960	7	LPWM (3)	Sentido izquierdo
	6	RPWM (4)	Sentido derecho
	5	R_ENA (5)	Habilitar motor
	4	L_ENA (6)	Habilitar motor
	5V	1	Alimentación
	GND	2	Tierra
Pulsador1	12	1	Automático
Pulsador2	11	1	ida
Pulsador3	10	1	regreso
Relé1	9	IN1	Lámpara piloto verde
Relé2	8	IN2	Lámpara piloto rojo

Realizado por: Coba, José; Hernández Byron; 2018.

En la tabla 11-2 se aprecia los pines de conexión entre los diferentes módulos de comunicación y el Arduino nano.

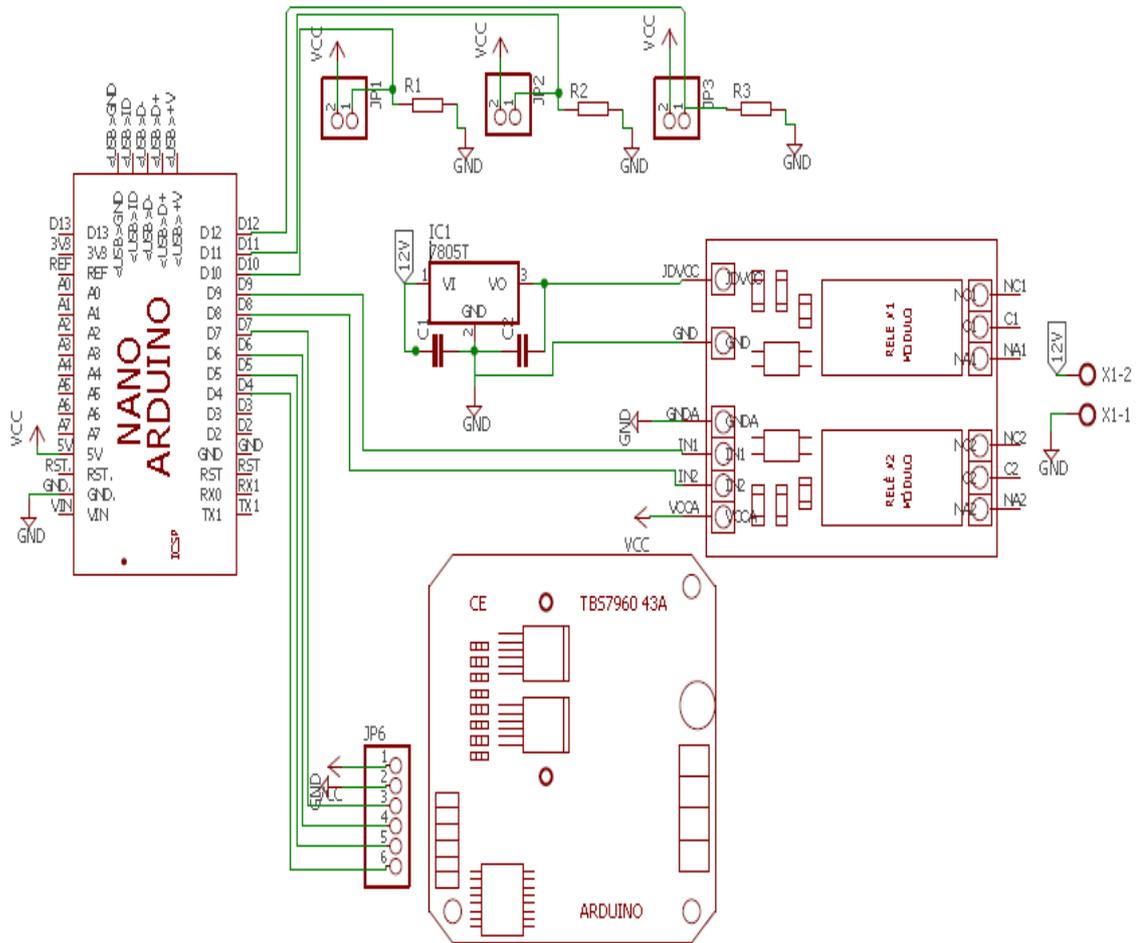


Figura 13-2: Esquemático del sistema de traslado y posicionamiento.

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

2.4.4 Diagrama PCB del sistema de traslado y posicionamiento

En la figura 14-2 se presenta el diseño de la pcb con sus pistas de conexión entre el microcontrolador y los demás elementos, debido a que el driver tbs7960 posee su propia etapa de potencia únicamente se utilizaron pistas de 1,42 mm. Para el conexionado externo entre los pulsadores, la fuente de alimentación, las lámparas piloto y los actuadores se utilizaron borneras y molex de dos y tres pines.

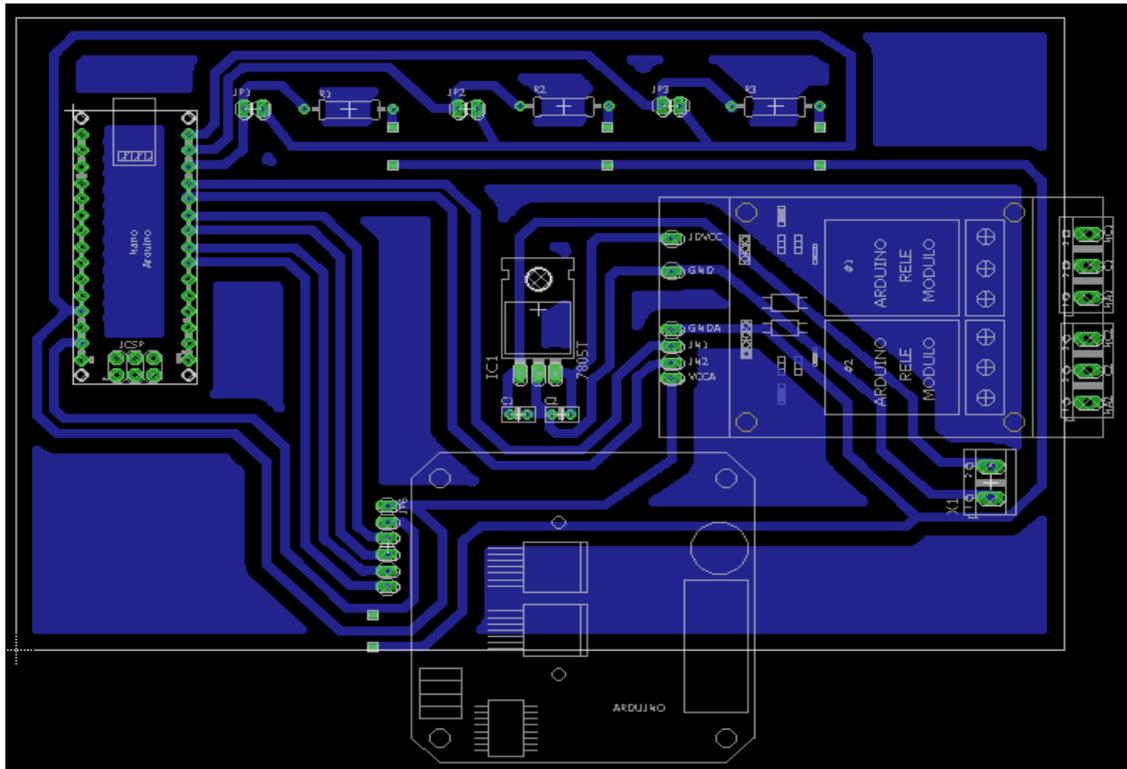


Figura 14-2: Circuito PCB del sistema de posicionamiento.

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

2.5 Diseños del Software

Los requerimientos que exige el diseño del software para el prototipo SIAT-CAVC se presentan a continuación:

- Notificación de niveles de balanceado y oxígeno disuelto.
- Configuración de variables de alimentación.
- Visualización de los datos de los sensores en tiempo real.
- Ingreso y modificación del número telefónico a notificar.
- Manejo de los días de alimentación.
- Visualización de las diferentes ventanas de configuración.

2.5.1 Entornos de desarrollo integrado (IDE)

Un IDE es un entorno de programación concebido como una aplicación que puede utilizar uno o varios lenguajes de programación, presenta un editor de código, un compilador, un depurador y

un constructor de interfaz gráfica (GUI), los IDE trabajan con la gran parte de los lenguajes de programación, en el caso de Arduino el IDE integra herramientas para cargar el programa ya compilado en la memoria flash del dispositivo (Crespo, 2016, <https://aprendiendoarduino.wordpress.com>).

La utilización del IDE arduino presenta grandes ventajas, maneja los principales lenguajes de programación, posee una gran cantidad de información y ejemplos, apoyo desde su plataforma y permite el manejo de una gran gama de sensores y actuadores, por estas razones se eligió trabajar con este IDE.

2.5.2 Interfaz hombre-máquina (HMI)

Para la comunicación directa entre el usuario y el alimentador se utiliza la pantalla Nextion de 3.2 pulgadas, en esta interfaz se cubre todos los parámetros correspondientes a configuración, selección, visualización e ingreso de parámetros, para la realización de las diferentes ventanas se utilizó el software Nextion Editor v0.53 (Nextion, 2018, l. www.nextion.itead.cc). En la figura 15-2 se muestra los diferentes comandos ingresados en el evento Touch Release; en el botón de selección de balanceado es necesario conocer su identificador (ID) para que el Arduino detecte la pulsación, por lo que la casilla send component ID debe estar marcada, además se identifica que este botón ejecuta la acción de pasar a la página tipobalanceado al ser presionada. El botón de ajuste de kg tiene condiciones que limitan el incremento de un valor, ajusta la cantidad de balanceado de 1 a 30 kg. Tanto el Checkbox como el Radio ponen a cero el valor de los demás componentes de selección cuando es presionado, utilizado en este proyecto para seleccionar el tipo de balanceado y el porcentaje de alimentación.

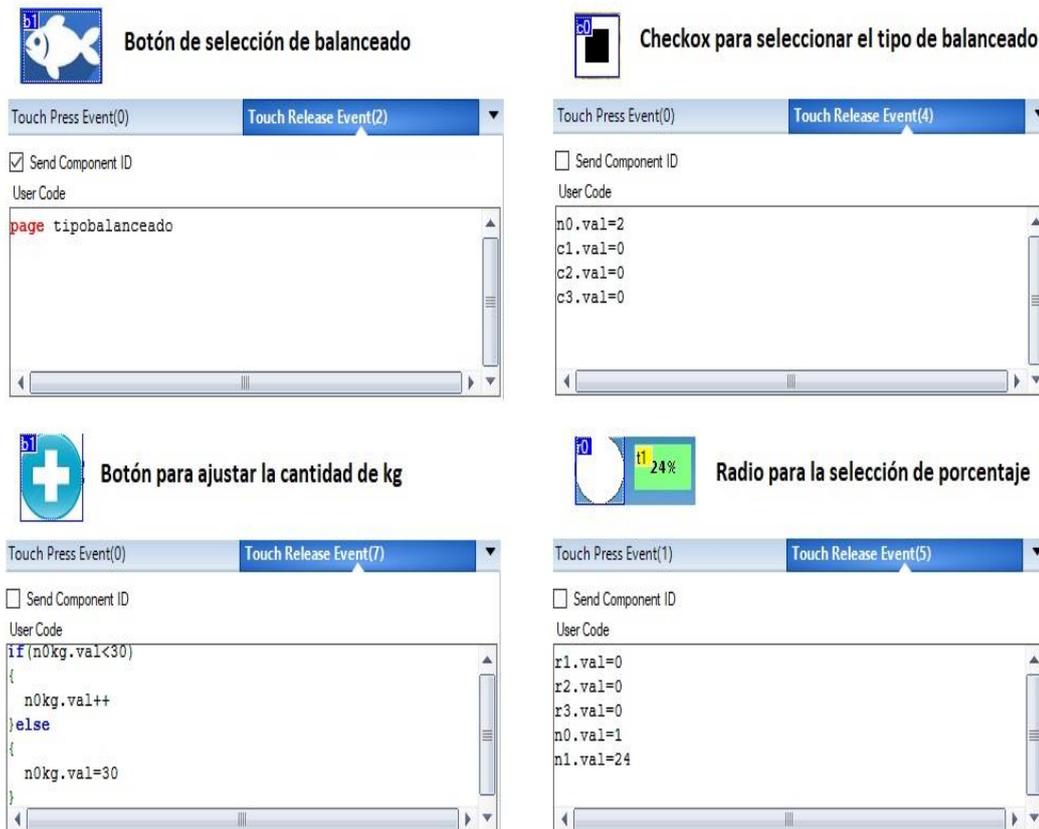


Figura 15-2: Configuración de eventos al presionar determinados objetos.

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

2.5.3 Diagrama de flujo del IDE Arduino

La base de la programación de estados son los switch case, la variable estado se comparará en los diferentes casos, para que exista un cambio de estado la variable "indicador" debe ser modificada, se empieza con el estado Inicio, si en un determinado momento se cumple una condición que modifica el valor de la variable indicador, ya sea un tiempo específico o una pulsación en la pantalla Nextion, el programa detectará el cambio y pasará al estado determinado, como se muestra en el diagrama 2-2.

Para la inicialización

- Inclusión de las librerías para la pantalla Nextion, RTC, módulo GSM y controlador brushless.
- Declaración e inicialización de las variables globales y variables de estado

- Declaración de objetos Nextion e inicialización de la función nex_listen_list[];
- Definición de las funciones de control de estados: f_control_estado_menu_inicio(), f_control_estado_menu_ajuste(), f_control_estado_sensores(), f_control_estado_telefono(), f_control_estado_alimentacion().
- Definición de las funciones de ejecución: f_principal(), f_sensores(), f_telefono(), f_tipo_bal(), f_cant_kg(), f_frec_por() y f_alimentación().
- Inicialización de la comunicación serial, rtc, gsm y Nextion.
- Definición e inicialización de puertos de entrada y de salida.

Para el ciclo repetitivo de ejecución

- En el estado inicio conjuntamente con la función **f_principal()** se determina la existencia de pulsaciones en la pantalla nextion, determina los horarios de alimentación, lee los valores de los sensores, actualiza la hora, fecha y temperatura. Solo si se cumplen las condiciones climatológicas, calidad de agua optima, datos de alimentación ingresados a través de la pantalla como: tipo de balanceado, cantidad, frecuencia, porcentaje y horarios apropiados el indicador adquiere el valor “N” y se cambia al estado alimentación, comandado por la función **f_alimentación()**.
- Al terminar la función **f_alimentación()** la distribución de balanceado a través de la activación del motor brushless y stepper automáticamente el indicador cambia al valor “O”, retornando al estado Inicio.
- Los indicadores nombrados con letras del abecedario permiten el cambio de estados a través de la detección de pulsaciones en la pantalla o el cumplimiento de parámetros para la alimentación
- La función **f_teléfono()** permite el ingreso del número telefónico al que el alimentador debe notificar a través de mensajes de texto o llamadas, cuando los niveles de balanceado sean muy bajos menores al 5% de la capacidad de la tolva y cuando los niveles de oxígeno disuelto bajen de cuatro mg /l.
- La función **f_sensores()** permite la visualización en tiempo real de los datos de los sensores: DO, de lluvia y ultrasónico, que recibe el Arduino y lo envía a la pantalla, para que el usuario compruebe el nivel de oxígeno disuelto del agua, clima y la cantidad de balanceado presente en la tolva.
- Para acceder a la configuración de parámetros de alimentación el usuario debe acceder al estado menú ajuste y de ahí a los diferentes estados de configuración, para ello se cuenta con botones que detectan las pulsaciones del usuario en la pantalla táctil y cambian el valor del indicador.

- La función **f_tipo_bal()** permite seleccionar el tipo de balanceado que desea dosificar, cuenta con las opciones de 2 mm, 4 mm, 7 mm, y 10 mm, ésta función es la encargada de extraer el valor seleccionado y almacenarlo en una variable para que el arduino la considere al momento de alimentar.
- La función **f_cant_kg()** permite ingresar a través de la pantalla el valor en gramos de balanceado a dosificar, y a través de una variable guardar el dato para ser utilizada por el arduino, a través de sus botones de incremento y decremento se puede ingresar hasta 30.9 kg para distribuir el alimento.
- La función **f_frec_porc()** permite seleccionar el porcentaje de balanceado y determinar la frecuencia de alimentación al día, cada una de estas determinadas por las tablas de alimentación presentadas en el capítulo 1

El código de programación del prototipo SIAT-CAVC se puede acceder al anexo S.

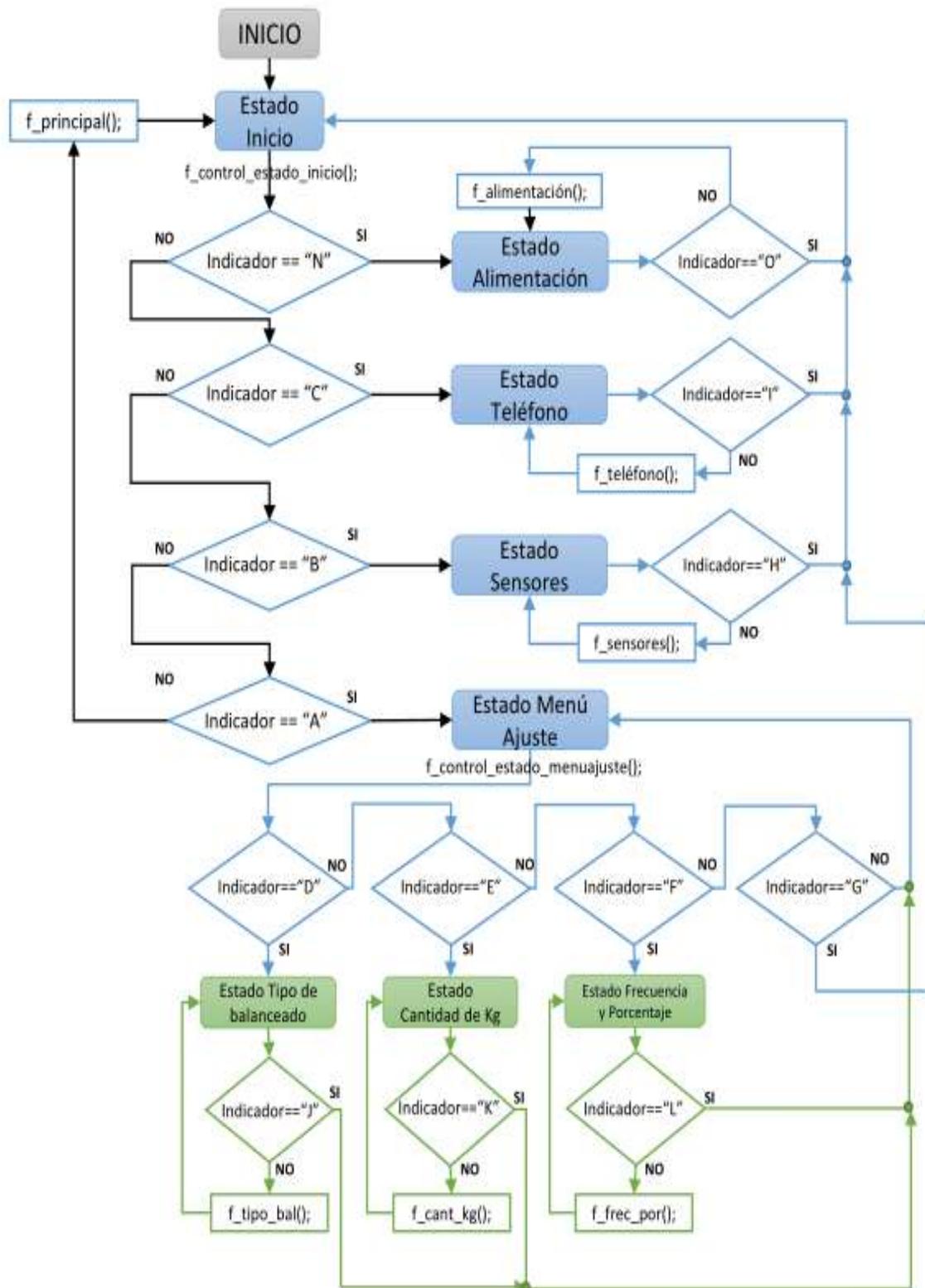


Diagrama 2-2: Estructura Switch Case para el manejo de estados

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018

2.5.4 Diagrama de flujo para la configuración de estados

Los diagramas de estado describen los eventos que pasa un sistema durante su ciclo de funcionamiento. Un diagrama de estados está compuesto de estados diferentes y transiciones, cada estado a su vez puede poseer estados anidados. Los estados son representados con rectángulos redondeados con su nombre característico, y las transiciones son representadas con flechas que van de un estado a otro, cada estado identifica argumentos sobre el que se ejecuta cada uno de los procesos, todo diagrama de estados empieza por un círculo negro que identifica cuál de todos es el estado inicial. En el diagrama 3-2, se muestra los estados utilizados para el sistema de alimentación, cada estado posee una interfaz en la pantalla Nextion y una función de proceso en la programación del Arduino, para pasar de un estado a otro se utilizó transiciones identificadas con letras, una transición hace referencia a una condición que se acaba de cumplir, ya sean estas pulsaciones de botones en la pantalla, o la culminación de un tiempo establecido.

Para la inicialización

- En Nextion Editor cada ventana representa un estado, cada uno tiene un nombre característico: Inicio, alimentación, teléfono, sensores, menú_ajuste, tipo de balanceado, cantidad de kg y frecuencia y porcentaje
- El orden de presentación empieza con el estado Inicio, ventana en donde se visualiza 3 iconos de configuración y se muestra la fecha, hora y temperatura, datos provenientes del RTC
- Inicialización de la variable indicador con una letra diferente a las utilizadas en el cambio de estados, para este caso se utilizó la letra “Z”.

Para el ciclo repetitivo de ejecución

- Para cambiar del estado inicio al estado alimentación el indicador debe cambiar de valor, se asigna la letra “N” para ingresar al siguiente estado y cuando culmina la ejecución cambia a la letra “O” para regresar al estado inicial.
- Para ingresar al estado teléfono es a través de pulsaciones en la pantalla, si se pulsa sobre el tercer ícono de la pantalla el indicador cambia al valor “C”, y para retornar existe un botón llamado “back” que cambia el valor del indicador a la letra “I” retornando al estado inicio.
- Para ingresar al estado sensores se debe pulsar el segundo ícono en la pantalla, al pulsarlo el indicador cambia al valor “B”, y para retornar existe un botón llamado “back” que cambia el valor del indicador a la letra “H” retornando al estado inicio.

- Para ingresar al estado menú ajuste se debe presionar el primer ícono en la pantalla, el indicador se cambia a letra “A” y se proyecta una nueva ventana con 3 opciones de configuración, para retornar se presiona en back, el indicador cambia a “G” y regresa.
- Finalmente, para ingresar a los 3 estados anidados al estado menú ajuste basta con presionar los iconos presentes y para retornar se presiona el botón back de cada estado, esto provoca el cambio en el valor del indicador para saltar a los estados que se desee. Para visualizar los estados presentes en la pantalla nextion ver anexo K

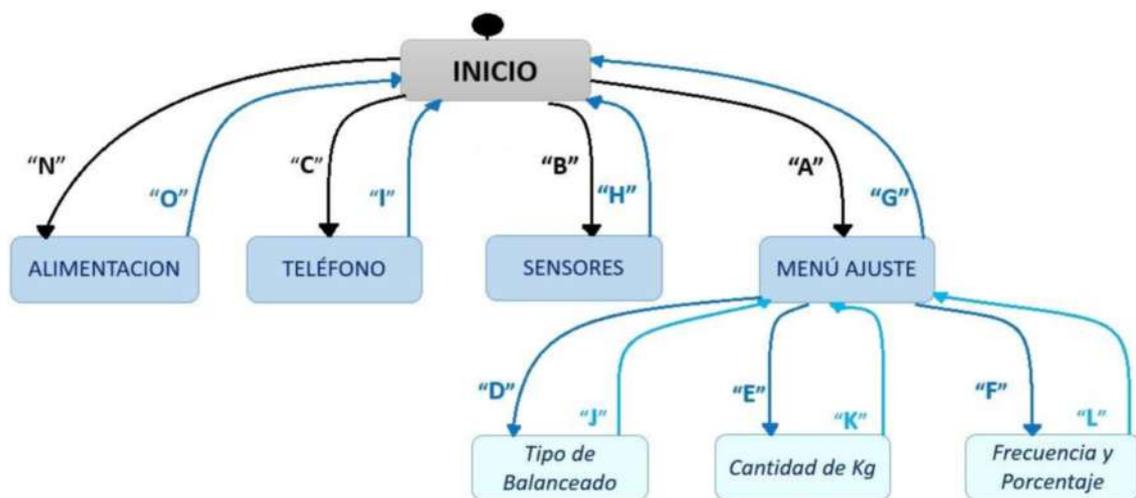


Diagrama 3-2: Configuración del diagrama de estados

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018

2.6 Dimensionamiento de la instalación fotovoltaica

La cantidad de energía solar que llega a la finca “El Bosque” viene dado en términos de insolación solar, se estima un nivel promedio de $5000\text{Wh/m}^2/\text{día}$, datos encontrados en el Atlas Solar del Ecuador con fines de generación eléctrica (CONELEC, 2008a, p. 49). La cantidad de insolación global presente en el lugar también puede expresarse en Horas Solares Pico (HSP), basta con dividir para mil el dato provisto de insolación, obteniendo como resultado 5 HSP (CONELEC, 2008b, p. 8).

2.6.1 Energía total requerida por el prototipo

El valor total viene dado por la energía de consumo y por la energía extra en un día de trabajo, cuya funcionalidad y fórmulas vienen dadas en el capítulo 1. Para determinar la energía de carga

total de todo el sistema es necesario conocer los consumos eléctricos de cada uno de los elementos que conforman el alimentador, como se presenta en la tabla 12-2

Tabla 12-2: Consumo energético del sistema en un día de trabajo.

Dispositivo	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tiempo (h/día)	Consumo (Wh/día)
Sensor Dissolved Oxygen Probe	5	0,0135	0,0675	2,9	0,196
Sensor ultrasónico HC-SR04	5	0,015	0,075	0,04	0,003
Sensor de lluvia FC-37	5	0,015	0,075	3	0,225
Pantalla Nextion NX4024T032	5	0,09	0,45	10	4,500
Módulo RTC	5	0,00065	0,00325	24	0,078
Módulo GSM Sim 900	9	1	9	0,3	2,700
Arduino Mega 2560	9	0,2	1,8	24	43,200
Motor de pasos	12	2,8	33,6	0,67	22,400
Motor brushless 3650 4370KV 4P	10,5	3	31,5	0,67	21,000
Consumo total del alimentador a plena carga en un día de funcionamiento (Wh/día) :					94,302

Realizado por: Coba José, Hernández Byron, 2018.

De la tabla 12-2 se obtuvo el valor de energía de carga total de 94,302 Wh/día, y considerando la eficiencia de la batería en 80%, del regulador en 95% y la de otras pérdidas en 95% se puede calcular a través de la Ecuación 1-1 la energía de consumo, obteniéndose un valor de 130,61 Wh/día. Para determinar la energía extra a través de la Ecuación 2-1 se considera un porcentaje añadido del 20% obteniéndose 26,12 Wh/día, con los datos obtenidos y a través de la ecuación 3-1 se determina la energía total a generar obteniéndose un valor de 172,41 Wh/día.

2.6.2 Dimensionamiento del panel solar

Para seleccionar el panel solar adecuado se compararon 3 de 80w, 60w y 50w, se escogió el panel de 60W debido a que es el que se ajusta a todos los requerimientos del alimentador, las características principales de este se muestran en la tabla 13-2.

Tabla 13-2: Características eléctricas principales del panel solar de 60w

Características	PPS60
Potencia nominal (Wp)	60 W
Tensión pico (Vp)	17 V
Corriente pico (Ip)	3,53 A
Tensión de circuito abierto (Voc)	21,5 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	3,83 A
Voltaje nominal (Vn)	12 v
Voltaje máximo del sistema	1000 V

Realizado por: Caba José, Hernández Byron, 2018.

De la tabla 13-2 se observa que la potencia nominal es 60w, las HSP obtenidas previamente son cinco, el voltaje nominal es 12 v y el voltaje pico 17 v, con todos estos datos a través de la Ecuación 4-1 se determina que la energía que puede entregar el panel en un día de funcionamiento es de 211,76 Wh/día.

2.6.3 Dimensionamiento de la batería solar

Para el dimensionamiento de la batería se debe considerar la capacidad nominal necesaria, el tipo de batería solar, la tensión nominal, número de ciclos a 50% de descarga, el tiempo de vida estimado, la necesidad de mantenimiento y el costo. Para el funcionamiento normal del alimentador se requiere de 1.7 días de autonomía, tiempo necesario para distribuir la cantidad de almacenaje de balanceado, se desea una eficiencia de profundidad de descarga del 50%, con la finalidad de alargar su tiempo de vida útil, se considera una eficiencia de conversión electroquímica del 90% y un voltaje nominal de 12 v necesario para todo el prototipo, a través de la Ecuación 5-1 se obtiene que la capacidad de la batería necesaria es de 47,15 Ah.

Tabla 14-2: Selección de la batería solar de acuerdo a los principales parámetros

Características	UPower SP070	Valoración	AGM Ritar	Valoración	Energy Power	Valoración
Capacidad nominal	70 Ah	0	70Ah	0	55 Ah	1
Tipo de batería solar	Monoblock de plomo ácido	0	AGM	1	Gel	1
Tensión nominal	12 v	1	12v	1	12v	1
Número de ciclos	C100	1	C100	1	C100	1
Tiempo de vida	3-5 años	0	8-10 años	0	12 años	1
Mantenimiento	Si	0	No	1	No	1
Costo	\$107	1	\$141,33	1	\$160	1
TOTAL		3		5		7

Realizado por: Coba José, Hernández Byron, 2018.

Fuente: (Autosolar, www.autosolar.es)

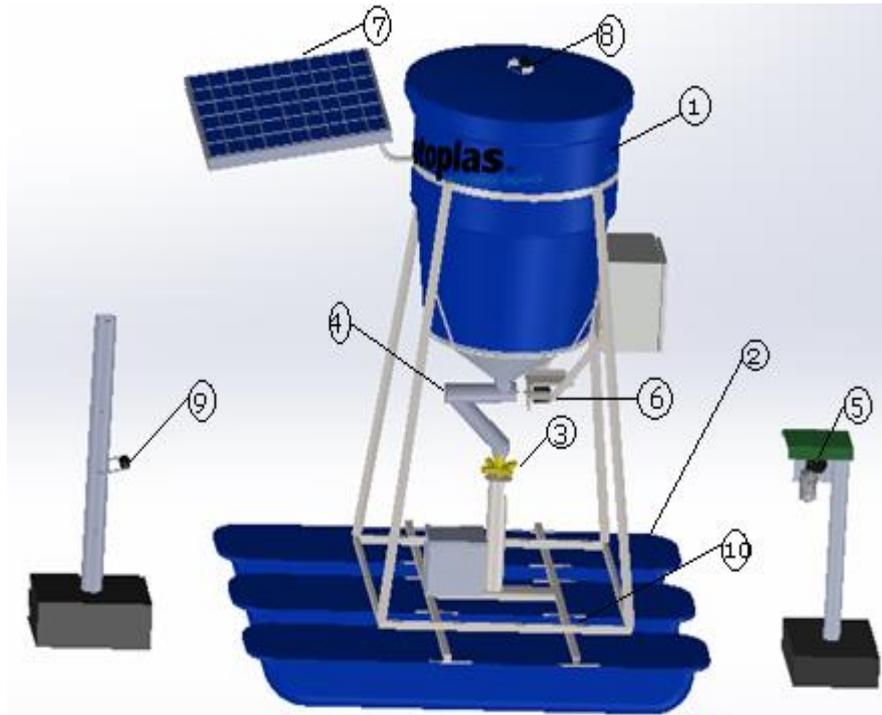
De tabla 14-2 se determina que la mejor opción de batería para el alimentador en base al método de valoración es la de tipo gel de Energy Power, ya que cumple con todos los requerimientos necesarios para un adecuado suministro de energía.

2.6.4 Selección del regulador de carga

Para determinar el regulador de carga se necesita conocer 2 parámetros: la corriente en cortocircuito del panel solar y el voltaje nominal de todo el sistema, datos ya obtenidos anteriormente, para este prototipo, la corriente de cortocircuito del panel solar elegido es de 3,83 A, a un voltaje nominal de trabajo de 12 v y a través de la Ecuación 6-1 se determina que el regulador debe trabajar a una corriente de aproximadamente 4,79 A, con estos datos se seleccionó el regulador Solar Charge Controller PWM de 5A a 12v.

2.7 Diseño mecánico

A continuación, se presenta en la figura 16-2 y 17-2 el bosquejo del dispositivo tecnológico diseñado en SolidWorks 2015 (Software de diseño CAD 3D, <https://www.solidworks.com>), cuenta con las siguientes medidas, altura 1.80m, ancho 1.2 y un largo de 1.63m, las partes constitutivas se encuentran enumeradas en la figura 16-2, en el siguiente apartado se hace una revisión de la forma que fueron diseñadas.



- | | |
|--|----------------------------------|
| 1.- Tolva de almacenamiento de balanceado. | 6.- Motor paso a paso. |
| 2.- Flotadores. | 7.- Panel fotovoltaico. |
| 3.- Dispositivo aspersor. | 8.- Sensor de lluvia |
| 4.- Tornillo sin fin. | 9.- Sistema de poleas simple. |
| 5.- Motor reductor lineal DC. | 10.- Sensor de oxígeno disuelto. |

Figura 16-2: Dispositivo ensamblado.

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

2.7.1 Tolva de almacenamiento de balanceado.

El dispositivo tecnológico debe tener una capacidad de almacenamiento de balanceado de 120kg, con la finalidad que se pueda alimentar a los peces por dos días seguidos. Para el dimensionamiento de la tolva se procedió a tomar medidas del balanceado marca “PISCIS TILAPIA”, se tomaron mediciones máximas de alimentación donde se determinó el saco con mayor capacidad en kg y la capacidad en volumen, se obtuvieron los siguientes datos mostrados en la tabla 13-2. En el anexo O se puede apreciar los planos de diseño del tornillo sin fin y el tubo transportador de balanceado. En el anexo Q se puede apreciar los planos de diseño del acople para la tolva de almacenamiento de balanceado construido en acero inoxidable.

Tabla 15-2: Mediciones del balanceado de engorde 24%

PISCIS TILAPIA	Capacidad (kg)	Volumen (m ³)
Engorde 24% PB	40	0,9

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

Una vez obtenido los datos se recurre a hacer los cálculos para dimensionar la tolva, la forma de determinar la capacidad de la tolva es haciendo una regla de tres simple, se necesita saber el volumen del balanceado que va ser almacenado, obteniendo un resultado de $0,27m^3$ además se realiza un sobredimensionamiento del 20% obteniéndose $0,324m^3$, para adquirir dicho tanque se busca ciertos datos característicos como diámetro y altura aplicándose la fórmula para el volumen de un cilindro, se encontró el tanque con un diámetro de $0,7m$ y una altura $0,85m$ cumpliéndose con el volumen deseado.

2.7.2 Tornillo sin fin.

Los transportadores de tornillo son un método de dosificación para mejorar la precisión de materia a dosificar, son utilizados para la transferencia de materia prima y productos mezclados, estos tornillos son los más empleados en la industria (Ingemecanica, 2016a, <http://ingemecanica.com>).

2.7.2.1 Ecuaciones para el dimensionamiento del tornillo sin fin

- **Área de relleno del canalón.**

$$S = \lambda \cdot \frac{\pi D^2}{4} \quad \text{Ecuación 1 - 2}$$

Donde:

S : es el área de relleno del canalón, en m^2 .

D: es el diámetro del canalón en m .

λ : coeficiente de relleno de la sección.

- **Velocidad de avance del transportador.**

$$v = \frac{p \cdot n}{60} \text{ Ecuación 2 - 2}$$

Donde:

v: es la velocidad de avance del transportador, expresado en *m/s*.

p: es el paso del tornillo sin fin, expresado en *m*.

n: es la velocidad de giro del tornillo, expresado en *rpm*.

- **Flujo del material a transportar.**

$$Q = 3600 \cdot S \cdot v \cdot \rho \cdot i \text{ Ecuación 3 - 2}$$

Donde:

Q: es el flujo del material a ser transportado, expresado en *t/h*.

S: es el área de relleno del canalón, expresado en *m²*

v: es la velocidad de avance del transportador, expresado en *m/s*

ρ: es la densidad de material transportado, expresado en *t/m³*.

i: es el coeficiente de disminución del flujo del material de acuerdo a la inclinación del transportador.

2.7.2.2 Dimensionamiento del tornillo sin fin

- **Datos del tornillo**

i = 1 // coeficiente de disminución del flujo

n = 15RPM

D = 6,35 cm

P = 6,2 cm // Tipo de hélice continua, de paso igual al diámetro.

▪ **Datos del balanceado**

$$m = 1 \times 10^{-3} \text{ gr}$$

$$v = 5,23598 \times 10^{-7} \text{ m}^3$$

$$D_B = 1 \text{ cm}$$

$$r = 0,5 \text{ cm}$$

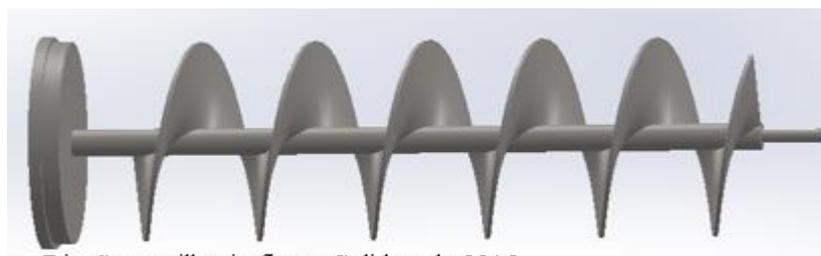
$$\lambda = 0,4 \quad // \text{ Tipo de carga: ligera y no abrasiva}$$

$$c_o = 1,2 \quad // \text{ tipo de material, producto granuloso.}$$

Para el diseño de tornillo sin fin se dividieron en varios pasos que a continuación se detallan:

- Se procede a determinar la capacidad de transporte del balanceado utilizando la Ecuación 1 – 2 se obtuvo $12,66 \text{ cm}^2$.
- Se desea determinar la velocidad del transportador haciendo uso de la Ecuación 2 – 2 arrojando un resultado de $1,55 \text{ cm/s}$.
- Se determinó el flujo de material que puede solventar el tornillo sin fin se hizo uso de la ecuación la Ecuación 3 – 2 se obtuvo como resultado $7,10 \text{ kg/min}$.

En la figura 17-2a se muestra el tornillo sin fin diseñado en SolidWorks2015, en la figura 17-2b se muestra el tornillo implementado en material acero inoxidable. En el anexo O se puede apreciar los planos de diseño del tornillo sin fin y el tubo transportador de balanceado.



a. Diseño tornillo sin fin en Solidworks2015



b. Implementación del tornillo sin fin en acero inoxidable

Figura 17-2: Tornillo sin fin-dosificador.

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

2.7.3 Flotador.

El prototipo SIAT-CAVC debe tener la capacidad de soportar un peso bruto de 170kg, uno de los requerimientos que debe existir es la flotación, similar a un barco fuera de borda, según el principio de Arquímedes debe existir una fuerza mayor ascendente (empuje) contraria a la fuerza ejercida por la gravedad es decir, para que el dispositivo flote la fuerza de empuje debe ser mayor que la fuerza ejercida por la gravedad (Aldo Valcarce, 2007, www.uaeh.edu.mx). Para calcular el empuje se hace uso de la ecuación.

$$E = \rho_{agua} * V_{alim} * g \text{ Ecuación 4 - 2}$$

Donde:

E : Fuerza de empuje expresada en Newtons

ρ_{agua} : Densidad del agua expresada en kg/m^3

V_{alim} : Volumen del alimentador expresado m^3

P_{alim} : Peso ejercido por el alimentador expresado en Newton.

Datos

$$\rho_{agua} = 1000kg/m^3$$

$$g = 9,8m/s^2$$

$$V_{alim} = 4,09m^3$$

$$P_{alim} = 1666N$$

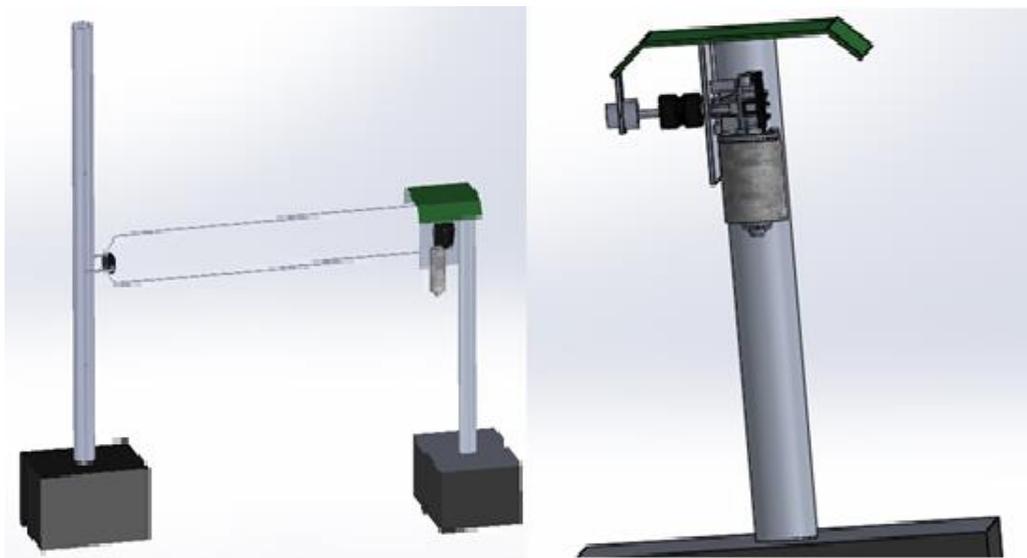
Como se ha mencionado anteriormente para que un cuerpo flote el empuje debe ser mayor que el peso ejercido por la gravedad $E > P_{alim}$, haciendo uso de la Ecuación 4-2 se obtiene 40082 Newton siendo mayor al peso ejercido por la gravedad de 1666N.

2.7.4 Dispositivo aspersor.

El aspersor está diseñado para que realice un aspergeo parabólico del alimento a dosificar, la obtención del movimiento parabólico se lo consigue con la ayuda de los canales de salida diseñados a 30 grados de inclinación, el material en el que se realizó la impresión 3D es nailon serie 618 con una impresora marca Zortrax M200. En el anexo P se puede apreciar los planos de diseño.

2.7.5 Sistema de traslado y posicionamiento.

El dispositivo tecnologico debe tener la capacidad de trasladarse de un punto A a un punto B, siendo la distancia de recorrido entre dichos puntos de nueve metros en 60 segundos. El punto B se encuentra destinado para que el dispositivo pueda realizar el aspergeo del alimento, es decir es el punto donde se realiza la alimentación de los peces, y el punto A esta designado para el reabastecimiento del balanceado, en la figura 18-2a y 18-2b, se aprecia un bosquejo del sistema mencionado anteriormente, diseñado en solidworks 2015.



a. Sistema de traslado y posicionamiento.

b. Fotografía ampliada del sistema de traslado.

Figura 18-2: Sistema de traslado y posicionamiento.

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

2.7.5.1 Motor reductor lineal DC.

Para el dimensionamiento del motor DC se recurrió a la tesis de (Ponce Santamaría y Ponce Santamaría, 2013, p. 53) donde se detalla los pasos que se debe realizar para el dimensionamiento de los motores eléctricos que tiene como finalidad ser implementado en una tarabita.

Consideraciones que se debe tener en cuenta para esta aplicación.

- El dispositivo está ubicado en la superficie del agua.
- Coeficiente de rozamiento entre el agua y el dispositivo es despreciable.
- Existencia de coeficiente de rozamiento entre cable y poleas.
- Peso bruto del dispositivo 170kg.
- $V[m/s] = \frac{d}{t}$ **Ecuación 5 – 2**
- $P[w] = F[kg] * V[m/s]$ **Ecuación 6 – 2**
- $P[w] = V * I$ **Ecuación 7 – 2**
- $T[kg * m] = HP * \frac{716}{RPM}$ **Ecuación 8 – 2**

Donde:

$V[m/s]$: Es la velocidad expresada en m/s.

$P[w]$: Es la potencia expresada en watios.

$I[A]$: Es la corriente expresada en Ampers.

$T[kg * m]$: Es el torque expresado en kg * m.

V : Es el voltaje expresado en voltios.

HP : Es la potencia activa del motor.

Haciendo uso de la Ecuación 5-2 y 6-2 se obtiene una potencia activa de 102 W dicha potencia es la necesario para mover el prototipo SIAT-CAVC.

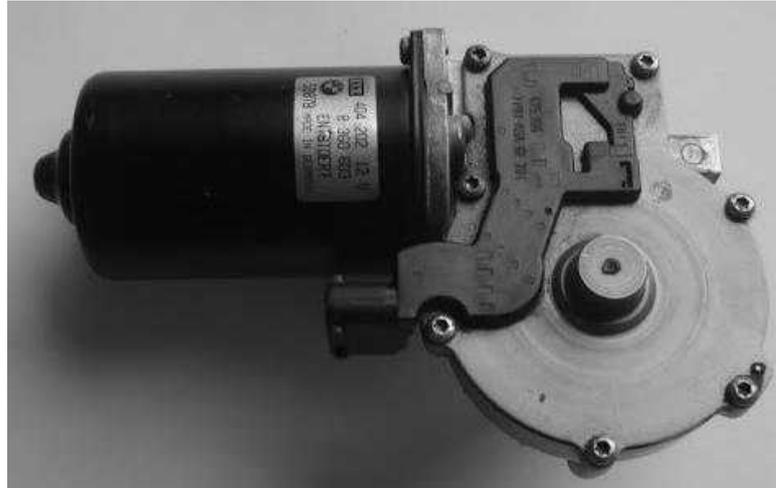


Figura 19-2: Motor Reductor Lineal DC.

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

Para la obtención del motor reductor se establece la velocidad de 10 RPM el voltaje de alimentación de 12 v haciendo uso de la Ecuación 7-2 y 8-2 se obtiene un torque de $12Kg * m$ y una potencia de 120 W dicho torque y potencia es la deseada para mover el dispositivo. En la figura 19-2 se observa el motor reductor lineal DC adquirido de 12 v, más conocido como motor limpiaparabrisas.

2.7.5.2 Sistema simple de poleas.

Para el cálculo de un sistema de poleas se procedió estableciendo valores como diámetro de la polea motriz o conductora $d2 = 45cm$, velocidad de salida $n2 = 10RPM$, y diámetro de la polea conducida $d1 = 35cm$. Haciendo uso de la Ecuación 9 – 2 $n1d1 = n2d2$, se determinó $n1 = 13RPM$ siendo la velocidad de la polea conducida. Esto da a conocer que la relación de transmisión $i = \frac{n2}{n1}$ Ecuación 10 – 2 que por cada 10 vueltas realizadas en la polea motriz gira 13 vueltas en la polea conducida, es decir se ha conseguido un sistema de poleas multiplicador con lo que se ha ganado tres vueltas de giro.

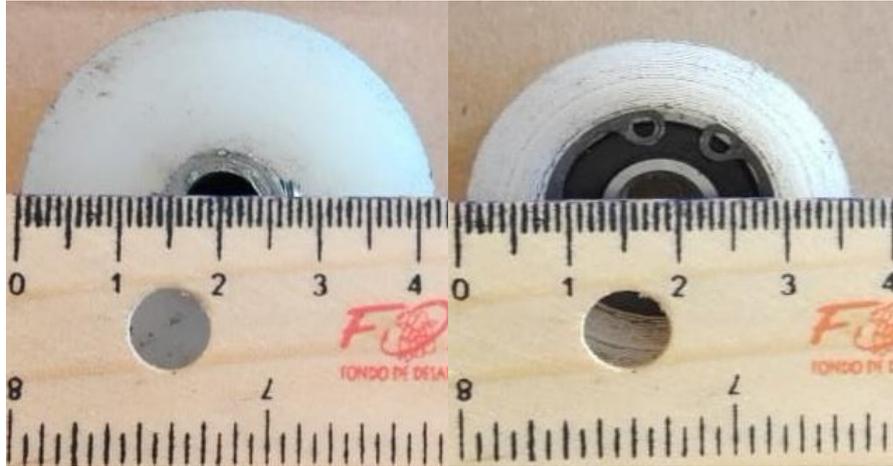


Figura 20-2: Diseño de poleas.

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018

En la figura 20-2 se aprecia el diseño de la polea motriz con su respectivo acople eje del motor y la polea conducida con su respectivo rodamiento. En el anexo R se puede apreciar los planos de diseño.

CAPITULO III

3 VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO SIAT-CAVC

En este capítulo se muestra la validación del prototipo SIAT-CAVC, donde se detalla la forma de proceder a calibrar los sensores, las mediciones que se realizaron para determinar la dosificación exacta del balanceado, la estabilidad del sistema implementado, el envío de notificaciones vía GSM, la interacción entre los sensores y el microcontrolador, el consumo eléctrico del dispositivo y la validación del sistema de posicionamiento, a su vez también se realizó un análisis de costos para determinar la inversión del alimentador.

3.1 Caracterización del prototipo de SIAT-CAVC.

Para constatar que el prototipo funcione correctamente como se planificó se caracterizaron las mediciones de los elementos presentes en el alimentador, en la figura 1-3 se muestra el prototipo SIAT-CAVC ya instalado en la piscina de tilapias.



Figura 1-3: Prototipo SIAT-CAVC implementado.

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

3.1.1 Caracterización del sensor de distancia.

Para determinar la precisión del sensor HC-SR04, se procedió a tomar 24 muestras a diferentes distancias, en diferentes horarios y días, utilizando un flexómetro como referencia se comparó los valores de los dos elementos como se muestra en la tabla 1-3. En el apartado del anexo L se puede evidenciar la forma en que se realizaron las mediciones.

Tabla 1-3: Mediciones realizadas para la caracterización de distancia.

Muestra	Valor referencial (cm)	Sensor ultrasónico HC-SR04(cm)	Error absoluto
1	10	11	1
2	20	22	2
3	25	25	0
4	27	27	0
5	29	30	1
6	89	89	0
7	33	33	0
8	35	36	1
9	90	89	1
10	39	38	1
11	41	40	1
12	43	43	0
13	95	95	0
14	47	46	1
15	49	49	0
16	51	51	0
17	53	52	1
18	55	56	1
19	80	81	1
20	82	82	0
21	84	83	1
22	86	86	0
23	87	88	1
24	96	96	0

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

En la tabla 1-3 se determina que el error absoluto máximo generado por el sensor de distancia es de 2 cm que representa 2,5 kg, considerándose aceptable para este caso en particular, debido a que no afecta en la determinación del balanceado presente.

3.1.2 Caracterización del sensor de oxígeno disuelto.

Para determinar el grado de exactitud del sensor EZO-DOTM, se comparó las mediciones obtenidas con el sensor referencial YSI que posee un error de +/- 0.2 mg/L (Equipamiento científico, www.equipamientocientifico.com), los sensores fueron colocados juntos para detectar el nivel de DO de la misma muestra, se realizaron 24 pruebas tres veces al día por una semana previamente a la hora de alimentar a los peces, como se muestra en la tabla 2-3.

Tabla 2-3: Mediciones realizadas para la caracterización de DO.

Muestra	Sensor de Oxígeno disuelto YSI referencial(mg/L)	EZO- DOTM (mg/L)	Error absoluto
1	5.55	5.65	0.1
2	4.04	4.06	0.02
3	5.53	5.63	0.10
4	5.62	5.61	0.01
5	4.52	4.54	0.02
6	5.70	5.80	0.1
7	5.50	5.61	0.11
8	3.49	3.48	0.01
9	5.48	5.47	0.01
10	5.47	5.49	0.02
11	4.56	4.59	0.03
12	5.45	5.44	0.01
13	5.44	5.49	0.05
14	5.43	5.42	0.01
15	3.42	3.44	0.02
16	5.41	5.39	0.02
17	4.40	4.42	0.02
18	5.39	5.38	0.01
19	7.39	7.39	0.00
20	5.37	5.36	0.01
21	5.36	5.35	0.01
22	5.35	5.34	0.01
23	4.35	4.30	0.05
24	5.34	5.32	0.02

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

De la tabla 2-3 se observa que existe un error absoluto máximo de 0.11, concluyendo que no se ingresa más error que el del propio sensor YSI, esto también corrobora la precisión del sensor EZO-DOTM de +/- 0.05 mg/L. Ver anexo C

▪ **Análisis estadístico**

Para corroborar las mediciones del sensor EZO-DOTM de forma estadística, se realizó una prueba t de muestras relacionadas con un nivel de confianza del 95%, utilizando para ello el software

estadístico IBM SPSS Statistics versión 21 (IBM, www.ibm.com). En el apartado del anexo M se puede evidenciar las mediciones realizadas.

- H_0 = La media de los niveles de oxígeno disuelto detectadas por el sensor YSI y por el sensor EZO-DOTM son iguales.
- H_a = La media de los niveles de oxígeno disuelto detectadas por el sensor YSI y por el sensor EZO-DOTM son diferentes.

En la tabla 3-3 se presenta los resultados de la prueba estadística realizada para los dos sensores.

Tabla 3-3: Prueba t de muestras relacionadas para los sensores de DO

		Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	Sensor YSI - Sensor EZO- DOTM	- ,0170 8	,04408	,00900	-,03570	,00153	-1,898	23	,070

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

En la tabla 3-3 se presenta marcado el valor resultante, se determina que la probabilidad de 0,07 es mayor al nivel de significancia de 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula, concluyéndose que la media de los niveles de oxígeno disuelto detectados por el sensor YSI y por el sensor EZO-DOTM son iguales.

3.1.3 Caracterización del sensor de lluvia.

Para determinar el rango de valores analógicos del sensor de lluvia yl-83, donde el clima se considere como lluvioso o despejado se tomaron 24 muestras por cada tipo de condición climatológica como se muestra en la tabla 4-3, las pruebas se realizaron con dos métodos: el primero fue a través de una bomba de agua simulando lluvia, y el segundo método fue en presencia de las propias precipitaciones del lugar, los datos fueron tomados en días y horarios diferentes. En el anexo N se evidencia la calibración del sensor de lluvia.

Tabla 4-3: Medidas realizadas para la caracterización del censo de lluvia.

Muestra	Valor referencial	Sensor de lluvia yl-83	Valor referencial	Sensor de lluvia yl-83
1	Lluvioso	309	Seco	732
2	Lluvioso	240	Seco	734
3	Lluvioso	287	Seco	736
4	Lluvioso	305	Seco	742
5	Lluvioso	310	Seco	749
6	Lluvioso	315	Seco	746
7	Lluvioso	322	Seco	748
8	Lluvioso	328	Seco	745
9	Lluvioso	333	Seco	761
10	Lluvioso	337	Seco	708
11	Lluvioso	320	Seco	726
12	Lluvioso	356	Seco	832
13	Lluvioso	349	Seco	804
14	Lluvioso	315	Seco	801
15	Lluvioso	378	Seco	891
16	Lluvioso	377	Seco	845
17	Lluvioso	474	Seco	867
18	Lluvioso	489	Seco	807
19	Lluvioso	557	Seco	867
20	Lluvioso	595	Seco	863
21	Lluvioso	608	Seco	825
22	Lluvioso	636	Seco	849
23	Lluvioso	704	Seco	812
24	Lluvioso	727	Seco	906

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

En la tabla 4-3 se aprecia los valores analógicos obtenidos tanto en presencia y ausencia de lluvia, se determinó el rango de 250-727 para clima lluvioso y el rango de 732-1015 para clima despejado, estos valores detectados por el Arduino interfieren en el proceso de alimentación.

3.1.4 Caracterización del dosificador.

Para determinar la relación entre el número de pasos y la cantidad de gramos obtenidos por cada tipo de balanceado, se tuvieron que realizar varias mediciones y pesarlas en una balanza digital, en la figura 2-3 se observa la forma de extracción y pesaje del balanceado.



Figura 2-3: Extracción y pesaje de cada tipo de balanceado

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

En la tabla 5-3, se muestran los resultados de las mediciones realizadas para la dosificación del balanceado en relación al número de pasos del motor, se tomó como referencia una balanza digital para el pesaje del balanceado, en total se registraron 25 muestras con el objetivo de no introducir errores por parte del motor PaP en la dosificación.

Tabla 5-3: Tabla de determinación de pesos vs pasos del motor PaP

Muestra	Motor PaP (Pasos)	Balanceado 38% (g)	Balanceado 32% (g)	Balanceado 28% (g)	Balanceado 24% (g)
1	15000	1155	385	220	154
2	20000	1540	513,3	293,3	205,3
3	25000	1925	641,7	366,7	256,7
4	30000	2310	770,0	440,0	308,0
5	35000	2695	898,3	513,3	359,3
6	40000	3080	1026,7	586,7	410,7
7	45000	3465	1155,0	660,0	462,0
8	50000	3850	1283,3	733,3	513,3
9	55000	4235	1411,7	806,7	564,7
10	60000	4620	1540,0	880,0	616,0
11	65000	5005	1668,3	953,3	667,3
12	70000	5390	1796,7	1026,7	718,7
13	75000	5775	1925,0	1100,0	770,0
14	80000	6160	2053,3	1173,3	821,3
15	85000	6545	2181,7	1246,7	872,7
16	90000	6930	2310,0	1320,0	924,0
17	95000	7315	2438,3	1393,3	975,3
18	100000	7700	2566,7	1466,7	1026,7
19	105000	8085	2695,0	1540,0	1078,0
20	110000	8470	2823,3	1613,3	1129,3
21	115000	8855	2951,7	1686,7	1180,7
22	120000	9240	3080,0	1760,0	1232,0
23	125000	9625	3208,3	1833,3	1283,3
24	130000	10010	3336,7	1906,7	1334,7
25	135000	10395	3465,0	1980,0	1386,0

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

En la tabla 5-3 se muestra que al programar un mismo número de pasos se obtiene diferentes cantidades de kg por cada tipo de balanceado, del balanceado del 38% se puede extraer una mayor cantidad de alimento en relación al balanceado del 24%.

Para comprobar el funcionamiento del dosificador en cuanto a la cantidad de balanceado que se extrae se eligieron valores típicos deseados, como se observa en la tabla 6-3 para el caso del balanceado del 38% se espera una cantidad de 1kg, para el balanceado del 32% se espera 5kg, para el balanceado del 28% se espera 10kg y para el balanceado del 24% se espera 15kg a su

salida, cada uno maneja un número de pasos de 12987, 194805, 681818 y 1461038 respectivamente, tomándose 25 muestras para cada tipo de balanceado.

Tabla 6-3: Tabla de pesos de los diferentes tipos de balanceados.

Muestra	Balanceado 38% (g)	Balanceado 32% (g)	Balanceado 28% (g)	Balanceado 24% (g)
1	987	4989	9986	15014
2	1012	5010	9963	14987
3	986	4987	10018	14989
4	989	4990	9960	14980
5	1013	5015	9977	15012
6	993	4986	10037	14978
7	1015	5007	9989	15019
8	987	4989	10023	14977
9	1006	5003	9977	15031
10	997	4993	10011	15008
11	999	4999	9988	14987
12	1003	5025	9992	14993
13	995	4995	10017	15045
14	1007	4993	9988	15010
15	998	5002	9997	14950
16	989	4988	10029	14977
17	1013	5012	9983	15018
18	1003	4998	9969	15003
19	989	5004	10015	14986
20	1010	4990	9985	14998
21	987	4998	9992	15015
22	1005	5014	10034	15008
23	990	4985	9990	14970
24	1002	4995	10000	15005
25	994	5013	10046	14984
PROMEDIO	998,76	4999,2	9998,64	14997,76
ESPERADO	1000 g	5000 g	10000 g	15000 g

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

En la tabla 6-3 se observa que los valores promedio de las muestras de cada uno de los balanceados en relación a los valores esperados son prácticamente iguales.

▪ **Análisis estadístico considerando el tipo de balanceado**

Para determinar si la media de las cantidades de balanceado extraídas son estadísticamente iguales a las esperadas se aplica la prueba t de una muestra, utilizando el software IBM SPSS Statistics versión 21. Se procede a plantear la hipótesis nula y alternativa respectivamente, para este análisis se trabajó con un nivel de confianza del 95%.

- Ho= La media de los pesos de cada tipo de balanceado con relación al peso esperado es igual.
- Ha= La media de los pesos de cada tipo de balanceado con relación al peso esperado es diferente.

En la tabla 7-3 se presenta el resultado de la prueba t de una muestra aplicado para el balanceado del 38%, comparando con el valor de prueba de 1000g.

Tabla 7-3: Prueba t de una muestra para el balanceado del 38%

	Valor de prueba = 1000					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Balanceado del 38%	-,649	24	,523	-1,240	-5,18	2,70

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

De la tabla 7-3 se concluye que el nivel de probabilidad resultante de 0,523 es mayor al nivel de significancia de 0,05 establecido. En la tabla 8-3 se presenta el resultado de la prueba t de una muestra aplicado para el balanceado del 32%, comparando con el valor de prueba de 5000g.

Tabla 8-3: Prueba t de una muestra para el balanceado del 32%

	Valor de prueba = 5000					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Balanceado del 32%	-,367	24	,717	-,800	-5,30	3,70

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

De la tabla 8-3 se concluye que el nivel de probabilidad resultante de 0,717 es mayor al nivel de significancia de 0,05 establecido. En la tabla 9-3 se presenta el resultado de la prueba t de una muestra aplicado para el balanceado del 28%, comparando con el valor de prueba de 10000g.

Tabla 9-3: Prueba t de una muestra para el balanceado del 28%

	Valor de prueba = 10000					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Balanceado del 28%	-,289	24	,775	-1,360	-11,07	8,35

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

De la tabla 9-3 se concluye que el nivel de probabilidad resultante de 0,775 es mayor al nivel de significancia de 0,05 establecido. En la tabla 10-3 se presenta el resultado de la prueba t de una muestra aplicado para el balanceado del 24%, comparando con el valor de prueba de 15000g.

Tabla 10-3: Prueba t de una muestra para el balanceado del 24%

	Valor de prueba = 15000					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Balanceado del 24%	-,531	24	,600	-2,240	-10,95	6,47

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

De la tabla 10-3 se concluye que el nivel de probabilidad resultante de 0,600 es mayor al nivel de significancia de 0,05. De los valores obtenidos en las tablas resultantes de las pruebas aplicadas de la 7-3 a la 10-3, se concluye que el nivel de probabilidad de cada uno de los tipos de balanceado es mayor al nivel de significancia de 0.05, por lo que se acepta la hipótesis nula, es decir, la media de los pesos de cada tipo de balanceado con relación al peso esperado es igual.

3.2 Estabilidad del dispositivo SIAT-CAVC.

Para evaluar la estabilidad del alimentador se tomaron 25 muestras del funcionamiento de los sensores, éstas fueron tomados en un día lluvioso con un tiempo de muestreo de 1 minuto, a la repetitividad se la puede cuantificar y a través de la media (\bar{x}) y la desviación estándar (σ) se determina el coeficiente de variación *C.V.*, que viene dado por la ecuación $C.V. = (\sigma/\bar{x}) * 100\%$. En la tabla 11-3 se presenta los valores de cada uno de los sensores, el nivel de balanceado se encuentra en su nivel más bajo, los niveles de oxígeno disuelto se hallan en valores óptimos y existe presencia de lluvia.

Tabla 11-3: Tabla de repetitividad del SIAT-CAVC para evaluar la estabilidad del sistema

Muestra	Fecha y Hora	HC-SR04 (cm)	EZO-DOTM (mg/L)	Lluvia YI-83
1	4/8/2018 15:12	94,40	6,06	462
2	5/8/2018 15:13	94,40	5,88	445
3	6/8/2018 15:14	94,40	5,85	458
4	7/8/2018 15:15	94,40	5,77	428
5	8/8/2018 15:16	94,40	5,60	445
6	9/8/2018 15:17	94,53	5,50	419
7	10/8/2018 15:18	94,53	5,43	473
8	11/8/2018 15:19	94,53	5,50	440
9	12/8/2018 15:20	94,53	5,51	394
10	13/8/2018 15:21	94,53	5,46	419
11	14/8/2018 15:22	95,69	5,46	445
12	15/8/2018 15:23	95,69	5,47	367
13	16/8/2018 15:24	95,69	5,47	374
14	17/8/2018 15:25	95,69	5,47	382
15	18/8/2018 15:26	95,69	5,86	400
16	19/8/2018 15:27	95,55	5,95	418
17	20/8/2018 15:28	95,55	5,79	416
18	21/8/2018 15:29	95,55	5,64	447
19	22/8/2018 15:30	95,55	5,56	476
20	23/8/2018 15:31	93,90	5,49	465
21	24/8/2018 15:32	93,90	5,50	485
22	25/8/2018 15:33	93,90	5,46	507
23	26/8/2018 15:34	94,43	5,48	489
24	27/8/2018 15:35	94,43	5,53	502
25	28/8/2018 15:36	94,50	5,55	489
Media (\bar{x})		94,81	5,61	441,80
Desviación Estándar (σ)		0,650756483	0,184717803	39,72404813
Coefficiente de variación (C.V) %		0,686347731	3,292887243	8,991409718

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

De la tabla 11-3 los resultados obtenidos presentan un coeficiente de variación del 0.69% para el sensor de distancia HC-SR04, 3.29% para el sensor de oxígeno disuelto EZO-DO™ y 8.99% para el sensor de lluvia, los valores presentan poca variabilidad menor al 10% concluyéndose que el sistema de medición es aceptable por su estabilidad (Llamosa, Meza y Botero, 2007, p. 457).

3.3 Envío de notificaciones vía GSM.

El dispositivo tecnologico tiene la capacidad de informar vía red GSM al usuario, donde se detalla los niveles de DO y capacidad de balanceado almacenado en la tolva , se contrató la operadora CLARO por la unica razon de poseer una señal moderada en la finca el bosque , el envio de mensajes y llamadas tiene una duracion estimada de 25 a 30 segundos. En la figura 3-3, se vizualiza la recepción de mensajería previamente programada.

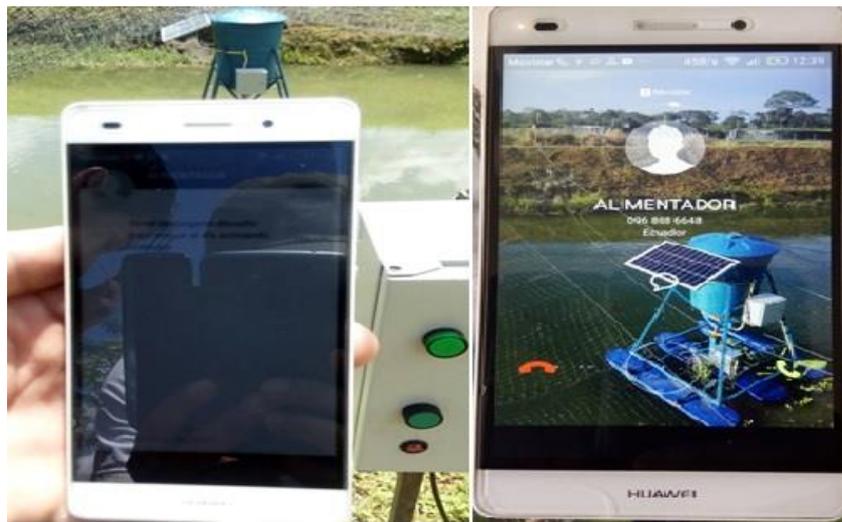


Figura 3-3: Notificaciones de mensajes y llamadas vía red GSM

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

3.4 Interacción entre los sensores y el microcontrolador.

La interacción entre los sensores y el microcontrolador Arduino fue satisfactoria, desde el ícono “Sensores” presente en la pantalla Nextion se puede visualizar en tiempo real el comportamiento de cada uno de ellos, éste aspecto es de suma importancia, ya que permite controlar las variables

de cantidad de balanceado, nivel de oxígeno disuelto y presencia de lluvia, datos muy necesarios para la alimentación de las tilapias, en la figura 4-3 se muestra las mediciones de cada sensor.

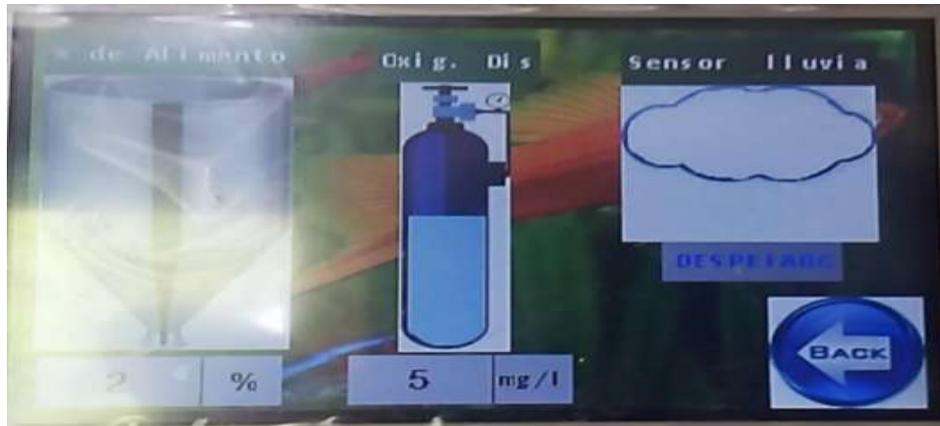


Figura 4-3: Comportamiento de los sensores del SIAT-CAVC en tiempo real.

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

3.5 Consumo eléctrico del dispositivo.

El suministro de energía viene provisto por el sistema fotovoltaico como se observa en la figura 5-3, se determinó un valor promedio de 6,5 HSP en relación a las 4 HSP, dando un extra de energía considerable, permitiendo una carga continua de la batería solar, la batería sin la presencia del panel fotovoltaico puede suministrar energía hasta por 4,5 días antes de descargarse a valores por debajo de los 9,4 v. el tiempo necesario para recargar la batería fue de 4 horas.



Figura 5-3: Sistema fotovoltaico implementado del SIAT-CAVC.

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

3.6 Validación del sistema de traslado y posicionamiento.

Para su validación se verificó el tiempo de traslado desde la orilla hacia el centro de la piscina del SIAT-CAVC, consistió en medir el tiempo que le tomaba al alimentador ya sea vacío o a plena carga posicionarse en los dos puntos mencionados, se tomaron 9 muestras tanto en vacío y a plena carga como se muestra en la tabla 12-3.

Tabla 12-3: Caracterización del sistema de traslado y posicionamiento.

Muestras	SIAT-CAVC con carga (Kg)	Tiempo con carga(s)	SIAT-CAVC sin carga (Kg)	Tiempo sin carga (s)	Error Absoluto
1	20	28	0	28	0
2	40	28	0	28	0
3	60	28	0	28	0
4	80	28	0	28	0
5	90	28	0	28	0
6	100	29	0	28	1
7	110	29,7	0	28	1,7
8	115	30,5	0	28	2,5
9	120	30,8	0	28	2,8
PROMEDIO		28,88		28	

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

De la tabla 12-3 se obtiene el error absoluto máximo de 2,8 segundos, este valor representa la diferencia que existe entre los tiempos de traslación del prototipo SIAT-CAVC con carga y sin carga. Se concluye que el tiempo promedio de 28,88 es adecuado para la programación del sistema de posicionamiento.

3.7 Análisis de costos.

Para realizar el siguiente análisis se procedió a determinar los precios de los diferentes dispositivos que incluye el prototipo SIAT-CAVC, cabe recalcar que mencionado análisis no incluye mano de obra.

Tabla 13-3: Análisis de costos.

Módulos	Componentes	Cantidad	Costo (USD)
Microcontrolador	Microcontrolador mega 2560	1	45
	Arduino Nano	1	10
Módulo de notificación	SIM900 con Chip Claro	1	40
Módulo de distancia	Sensor Ultrasónico HC-SR04	1	4,5
Módulo de lluvia	Y1-83	2	12
Módulo de DO	EZO-DO™	1	400
Motor PaP	Nema 23 19kg.cm	1	45
Motor Brushless	GoolRC	1	80
Fuente motor Brushless	Fuente conmutada DC-DC 12v 8 A	1	15
Driver Motor PaP	TB6600	1	29
Módulo relé	Relé dos canales	3	16
Módulo HMI	Nextion	1	45
Fuentes DC-DC	LM780X	3	6
Panel Fotovoltaico	Panel Solar monocristalino 60W	1	100
Fuente	Fuente AC-DC 12v	1	18
Motor DC	Motor reductor lineal 12v	1	20
Batería	Batería Solar Gel 50 A/H	1	160
Cable de acero	Cable de acero inoxidable	1	25
Poleas	Poleas	2	40
Flotadores	Flotadores de plástico 60kg	3	200
Tolva	Tolva ecotanque	1	45
Estructura	Estructura metálica	1	480
Gabinete	Gabinete Metálico 300X200X150 IP65	2	46
Varios			65
Total			1946,5

Realizado por: Coba, José; Hernández, Byron; 2018.

En la tabla 13-3 se observa que el prototipo tiene un costo de 1946,5 USD se obtiene una diferencia del 30% entre el SIAT-CAVC y el biofeeder calificado como el mejor alimentador disponible en el mercado, se considera un porcentaje aceptable de inversión tomando en cuenta las características implementadas como son el traslado y posicionamiento del prototipo, medición de calidad del agua, control de las condiciones climatológicas y el método de dosificación se lo realiza con un tornillo sin fin aumentado su precisión en la alimentación.

CONCLUSIONES

- Se implementó un sistema autónomo inalámbrico para la alimentación de tilapia, basado en supervisión de variables climáticas y control de calidad de agua, con una capacidad de almacenar 120kg de balanceado, moverse en la superficie del agua en dos puntos establecidos e incorpora notificación a través de mensajes de texto y llamadas móviles al usuario, presentando una interfaz (HMI) para su respectiva configuración de dosificación.
- Se verificó que el error absoluto máximo en la calibración del sensor ultrasónico HC-SR04 es de 2 cm, considerado aceptable debido a que su función específica es determinar el porcentaje de balanceado presente en la tolva
- Para determinar el grado de exactitud del sensor EZO-DOTM, se comparó las mediciones obtenidas con el sensor referencial YSI que posee un error de +/- 0.2 mg/L, los sensores fueron colocados juntos para detectar el nivel de DO de la misma muestra, se realizaron 24 pruebas tres veces al día por una semana previamente a la hora de alimentar a los peces. Se comprobó estadísticamente a través de la prueba t para muestras relacionadas que la media de los niveles de oxígeno disuelto detectadas por el sensor referencial YSI y por el sensor EZO-DOTM son iguales, esto también corrobora la precisión del sensor de +/- 0.05 mg/L, es decir ofrece la misma capacidad de trabajo para la cual fueron diseñadas.
- Los valores analógicos obtenidos tanto en presencia y ausencia de lluvia, se determinó el rango de 250-727 para clima lluvioso y el rango de 732-1015 para clima despejado, las pruebas se realizaron con dos métodos: el primero fue a través de una bomba de agua simulando lluvia, y el segundo método fue en presencia de las propias precipitaciones del lugar, los datos fueron tomados en días y horarios diferentes.
- Los resultados realizados para la estabilidad del prototipo indican que la repetitividad de los datos tomados por cada uno de los sensores del SIAT-CAVC presenta un coeficiente de variación menor al 10%, determinando que el sistema es estable.
- Se verificó estadísticamente a través de la prueba t de una muestra que los pesos de cada tipo de balanceado (24%, 28%, 32% y 38%) que dosifica el SIAT-CAVC con relación a los pesos esperados son iguales.
- El tiempo de respuesta que el usuario tarda en recibir las notificaciones del estado de la tova y la calidad de agua a su teléfono móvil, ya sea por mensaje de texto o llamadas telefónicas es de 25 a 30 segundos, considerándose aceptable mencionado tiempo. Cabe recalcar que la notificación de la calidad del agua el prototipo tiene como respuesta encender el aireador bifásico encargado de oxigenar la piscina.

- La comunicación serial entre la pantalla Nextion y el microcontrolador Arduino mega fue satisfactoria, el funcionamiento de los sensores se lo puede visualizar en la pantalla en tiempo real, así como también modificar parámetros de alimentación en las opciones de configuración, cuyos datos serán considerados al momento de alimentar a las tilapias.
- Al poseer la finca el bosque las HPS superiores a lo establecido por el atlas solar del Ecuador, se determinó en el lugar de implementación que los días establecidos de autonomía se incrementaron a 4,5, dando como resultado un sobre dimensionamiento del banco de baterías, cabe recalcar que el banco fue dimensionado para 2 días de autonomía.
- La salida de corriente que proporciona el controlador tb6600 encargado de controlar el motor PaP ubicado en la etapa de dosificación, debe ser capaz de proporcionar al motor un buen par y muy poca corriente. En consecuencia, una transmisión por pasos debe ser capaz de proporcionar suficiente corriente para proporcionar todo su torque nominal, sin embargo, no se debe permitir que el motor PaP consuma una excesiva corriente.
- Se verificó que el tiempo medio (con carga y sin carga) para mover el alimentador de la orilla hasta el centro de la piscina es de 28,88 segundos, estimado tiempo necesario para posicionar al prototipo a una distancia de 9 metros, con un error de 15cm.
- El costo total de la implementación del proyecto, está valorado en \$1946,5 obteniéndose una diferencia del 30% entre el SIAT-CAVC y el biofeeder calificado como el mejor alimentador disponible en el mercado, se considera un porcentaje aceptable de inversión tomando en cuenta las características implementadas como son el traslado y posicionamiento del prototipo, medición de calidad del agua, control de las condiciones climatológicas y dosificación a través de un tornillo sin fin aumentado su precisión en la alimentación.

RECOMENDACIONES

- Es necesario investigar nuevos materiales para el desarrollo de la estructura mecánica y de la tolva de almacenamiento, que permitan mayor duración resistencia y que sea hermetizado en su totalidad, por ello se recomienda incorporar un grupo interdisciplinario de especialistas que mejoren el diseño estructural.
- Realizar una investigación para mejorar el sistema de alimentación de tilapias a través de la implementación de un silo de almacenamiento de gran tamaño, donde el alimentador se posicione y el silo proceda al llenado automático de balanceado, y a través del sistema de posicionamiento retorne al centro de la piscina para proceder con la dosificación.
- Incorporar sensores de ph, dureza y salinidad para manejar todas las variables de calidad de agua, incrementado la eficiencia del proyecto e incrementando el desempeño en el proceso de alimentación.
- Integrar un módulo GSM, y a través de un sistema de geoposicionamiento delimitar la zona en la que el alimentador pueda moverse, en caso de no encontrarse en esa zona emitir una señal de alarma ya que pueda tratarse de un robo.
- Incorporar una base de datos que permita supervisar el desempeño del alimentador en el tiempo y a través de configuración remota vía online seleccionar o modificar los parámetros de alimentación.

BIBLIOGRAFÍA

Alibaba *12 V Dc Motor 3000 Rpm - Buy Motor Dc 3000 Rpm,Escobillas Motor Dc,Motor Dc 12 V Dc Product on Alibaba.com* 2018a. Disponible en: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/12v-dc-motor-3000rpm-626336141.html?spm=a2700.8699010.normalList.57.42ab8c43soBMff> (Accedido: 15 de septiembre de 2018).

Alibaba *Control De Velocidad 90-1700 Rpm 120 W 60hz Alta Velocidad Monofásico Ac Gear Motor Para Máquina De Corte - Buy Motor De Alta Velocidad Para La Máquina De Corte,Monofásico Ac Gear Motor,Alta Velocidad Monofásico Ac Gear Motor Product on Alibaba.com* 2018b. Disponible en: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Speed-control-90-1700-rpm-120w-60749809669.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.59.639337cbuvttWG> (Accedido: 15 de septiembre de 2018).

Alicorp «Manual de Crianza Tilapia», *Nicovita*, 2013, p. 49. Disponible en: [http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual de crianza de tilapia.pdf](http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf).

Arduino *Compare board specs* 2018. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Products/Compare> (Accedido: 17 de septiembre de 2018).

Atlas Scientific *Dissolved Oxygen Kit* sin fecha. Disponible en: https://www.atlas-scientific.com/product_pages/kits/do_kit.html (Accedido: 7 de junio de 2018).

Autodesk *EAGLE | PCB Design Software | Autodesk* 2018. Disponible en: <https://www.autodesk.com/products/eagle/overview> (Accedido: 17 de septiembre de 2018).

Autosolar *Baterías Solares*. Disponible en: <https://autosolar.es/baterias> (Accedido: 15 de agosto de 2018).

Biofeeder *bioFeeder* 2016. Disponible en: <https://www.biofeeder.net/> (Accedido: 11 de septiembre de 2018).

Bricogeek *Controlador de motores paso a paso 3.5A (TB6600) - BricoGeek.com*. Disponible en: <https://tienda.bricogeek.com/controladores-motores/992-controlador-de-motores-paso-a-paso-35a-tb6600.html> (Accedido: 19 de julio de 2018).

Corporación Eléctrica del Ecuador (CONELEC) «Atlas Solar Del Ecuador» 2008, p. 51. Disponible en: <http://energia.org.ec/cie/wp-content/uploads/2017/09/AtlasSolar.pdf>.

Crespo, E. «Entorno de Programación de Arduino (IDE) _ Aprendiendo Arduino» 2016. Disponible en: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/06/26/entorno-de->

programacion-2/ (Accedido: 16 de mayo de 2018).

Cruceira Aragón, R. C. & Gonzalez Sanchez, M. E. *Raspberry Pi: características y aplicaciones | ingenierate!* 2017. Disponible en: <https://ingenierate.com/2017/10/03/raspberry-pi-caracteristicas-aplicaciones/> (Accedido: 5 de junio de 2018).

Current, H. & Half, P. N. «Automotive Power» sin fecha. Disponible en: http://www.robotpower.com/downloads/BTS7960_v1.1_2004-12-07.pdf (Accedido: 3 de julio de 2018).

EcuRed «Motor paso a paso», *Control*, 2008, pp. 1-5. Disponible en: https://www.ecured.cu/Motor_paso_a_paso (Accedido: 5 de junio de 2018).

Electro schematics *HC-SR04 Datasheet*. Disponible en: <https://www.electroschematics.com/8902/hc-sr04-datasheet/> (Accedido: 1 de junio de 2018).

Equipamiento científico *Medidor de Oxígeno Disuelto YSI Pro20i, cable de 4 m, sonda Polarográfica, 607125 - Equipamiento Científico SAC*. Disponible en: <http://equipamientocientifico.com/medidores/16-medidor-de-oxigeno-disuelto-ysi-pro20i-cable-de-4-m-sonda-polarografica-607125.html> (Accedido: 20 de septiembre de 2018).

García González, A. *ARDUINO MEGA: CARACTERÍSTICAS, CAPACIDADES Y DONDE CONSEGUIRLO EN PANAMÁ*, 2013. Disponible en: <http://panamahitek.com/arduino-mega-caracteristicas-capacidades-y-donde-conseguirlo-en-panama/> (Accedido: 5 de junio de 2018).

Gisis *Alimentos para Tilapia mejora el crecimiento* 2014. Disponible en: <http://www.gisis.com.ec/alimentos-para-tilapia-mejora-el-crecimiento-gisis-s-a/> (Accedido: 6 de agosto de 2018).

Goolrc *Original GoolRC 3650 4370KV 4P Sensorless Brushless Motor & 45A Brushless ESC for 1/10 Off-road RC Car* sin fecha. Disponible en: <https://www.goolrc.com/p-rm5826.html> (Accedido: 8 de junio de 2018).

IBM *IBM SPSS Statistics Overview*. Disponible en: <https://www.ibm.com/products/spss-statistics> (Accedido: 17 de septiembre de 2018).

Ingemecanica *Cálculo de Transportadores de Tornillo Sin Fin* 2016. Disponible en: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html> (Accedido: 5 de mayo de 2018).

Kemo-electronic *M152 Sensor de lluvia 12 V/DC* sin fecha. Disponible en: <https://www.kemo-electronic.de/es/House/Garden/M152-Sensor-de-lluvia-12-V-DC.php> (Accedido: 4 de junio de 2018).

Lakes Access *Lake Ecology - Density Stratification* 2015. Disponible en:

<http://www.lakeaccess.org/ecology/lakeecologyprim4.html> (Accedido: 28 de mayo de 2018).

Llamosa, L. E., Meza, L. G. & Botero, M. «Estudio de repetibilidad y reproducibilidad utilizando el método de promedios y rangos para el aseguramiento de la calidad de los resultados de calibración de acuerdo con la norma técnica NTC- ISO/IEC 17025», *Scientia et Technica*, 2007, 35(35), pp. 455-460. Disponible en: <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/viewFile/5479/2817%3ELÓPEZ> (Accedido: 21 de agosto de 2018).

Ministerio de Agricultura Ganadería Acuicultura y Pesca (MAGAP) «Estado actual y proyección de la acuicultura continental en el Ecuador» 2016, p. 46. Disponible en: <http://acuicultura.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2016/05/1-Estado-y-Proyección-de-la-Acuicultura-Ecuatoriana-Alejandro-de-la-Roche.pdf>.

Molina, C. «Nutrición Acuícola», *ACUACULTURA*, 2004, p. 4. Disponible en: https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8765/1/04_molina.pdf.

Moreno, A. *Dimensionado de una instalación fotovoltaica para una vivienda rural aislada* 2016. CARLOS III DE MADRID. Disponible en: https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/24317/TFG_Alejandro_Moreno_Martin_2016.pdf.

Naylampmechatronics *Sensor de proximidad capacitivo - Ingeniería mecafenix*. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/296-sensor-de-proximidad-capacitivo-ljc18a3-h-zbx.html> (Accedido: 4 de junio de 2018).

Nextion *Nextion Editor - Nextion* 2018. Disponible en: <https://nextion.itead.cc/resources/download/nextion-editor/> (Accedido: 17 de septiembre de 2018).

patagoniatec *Raindrop – Sensor de lluvia | Blog de PatagoniaTec Electronica*. Disponible en: <https://saber.patagoniatec.com/2014/08/raindrop-sensor-de-lluvia-arduino-argentina-ptec/> (Accedido: 1 de junio de 2018).

Pololu *Pololu - A4988 Conductor de motor paso a paso a*. Disponible en: <https://www.pololu.com/product/1182> (Accedido: 19 de julio de 2018).

Pololu *Pololu - DRV8825 Motor paso a paso conductor, alta corriente b*. Disponible en: <https://www.pololu.com/product/2133> (Accedido: 19 de julio de 2018).

Ponce Santamaría, A. F. & Ponce Santamaría, R. E. *Diseño Y Simulación De Un Teleférico Con Capacidad De Transportación Para 8 Personas Y Un Recorrido De 1 Km* 2013. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5678/1/UPS-KT00680.pdf> (Accedido: 2 de julio de 2018).

ProAqua *Alimentador solar automático ProAqua de 150 kg - ProAqua México | Proveedor de Insumos Acuícolas* 2018. Disponible en: <http://www.proaqua.mx/alimentador-solar-automatico-proaqua-de-150-kg/> (Accedido: 11 de septiembre de 2018).

PROMETEC *LCD Keypad Shield | Tienda y Tutoriales Arduino* a. Disponible en: <https://www.prometec.net/producto/monster-moto-shield/> (Accedido: 3 de julio de 2018).

PROMETEC *MÓDULO GSM/GPRS: llamar y enviar SMS | Tienda y Tutoriales Arduino* b. Disponible en: <https://www.prometec.net/gprs-llamar-enviar-sms/#> (Accedido: 5 de junio de 2018).

Proveda, D. *Estadísticas – Cámara Nacional de Acuicultura* 2018. Disponible en: <http://www.cna-ecuador.com/estadisticas/> (Accedido: 28 de mayo de 2018).

RCsmart *EZRUN V2 6000KV 5.5T RC Brushless Motor Combo - Motor & Speedo & Motor & ESC Combo - RC Cars & Parts* . Disponible en: <http://www.rcsmart.com.my/products/EZRUN-V2-6000KV-5.5T-RC-Brushless-Motor-Combo/1815> (Accedido: 7 de junio de 2018).

Robaina G, G. *Mercado mundial de la tilapia disminuyó en un 6% - 2018*. Disponible en: <https://mundoagropecuario.com/2018/03/31/mercado-mundial-de-la-tilapia-disminuyo-en-un-6/> (Accedido: 3 de septiembre de 2018).

Robotilsa *Robotilsa - Productos* 2018. Disponible en: <http://www.robotilecuador.com/productos.html> (Accedido: 11 de septiembre de 2018).

Rodríguez Vázquez, H. & Flores Nava, A. *Acuicultura de pequeña escala y recursos limitados en América Latina y el Caribe: Hacia un enfoque integral de políticas públicas*. FAO 2014. Editado por Red de Acuicultura de las Américas. Santiago. Disponible en: <http://www.racua.org/es/publicaciones/hacia-un-enfoque-integral-de-politicas-publicas/>.

SENPLADES *Plan Nacional para el Buen vivir 2013-2017, SENPLADES, 2013*. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. Disponible en: https://www.unicef.org/ecuador/Plan_Nacional_Buen_Vivir_2013-2017.pdf.

Siemens «TIAPortal - El Futuro de la Industria - Siemens» 2018, p. 1,2. Disponible en: https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores_modulares/controlador_basico_s71200/pages/s7-1200.aspx (Accedido: 5 de junio de 2018).

Software de diseño CAD 3D. Disponible en: <https://www.solidworks.com/es> (Accedido: 22 de agosto de 2018).

SonRobots *Motores, servomotores y motores paso a paso – SonRobots.com* 2018. Disponible en:

<http://sonrobots.com/arduinos/motores-servomotores-y-motores-paso-a-paso/> (Accedido: 14 de septiembre de 2018).

Toloka, P. *Módulo de 4 relés para Arduino* 2015. Disponible en: <http://www.profetolocka.com.ar/2015/05/09/modulo-de-4-reles-para-arduino/> (Accedido: 3 de julio de 2018).

Uriarte, I. *SIM808: GSM/GPRS + GPS | Tienda y Tutoriales Arduino*. Disponible en: <https://www.prometec.net/sim808/> (Accedido: 5 de junio de 2018).

Valcarce, A. «Principio de Arquímedes», *Universidad de Castilla-La Mancha*, 2007, 1-1(3), pp. 120-130. Disponible en: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n3/m4.html> (Accedido: 3 de julio de 2018).

Wicki, G. & Gromenida, N. «AquaTic», *Revista AquaTIC*, 2016, 0(2), p. 10. Disponible en: <http://revistaaquatic.com/ojs/index.php/aquatic/article/view/18/12>.

YSI ODO Dissolved Oxygen Sensor for Monitoring and Control | ysi.com. Disponible en: <https://www.ysi.com/Product/id-626200/ODO-Sensors-for-Monitoring-and-Control> (Accedido: 4 de junio de 2018).

ANEXOS

Anexo A: Datasheet del motor Nema 23

For more information, please visit the [product page](#).



date 06/26/2018

page 1 of 7

SERIES: NEMA23-AMT112S | DESCRIPTION: STEPPER SERVO MOTOR

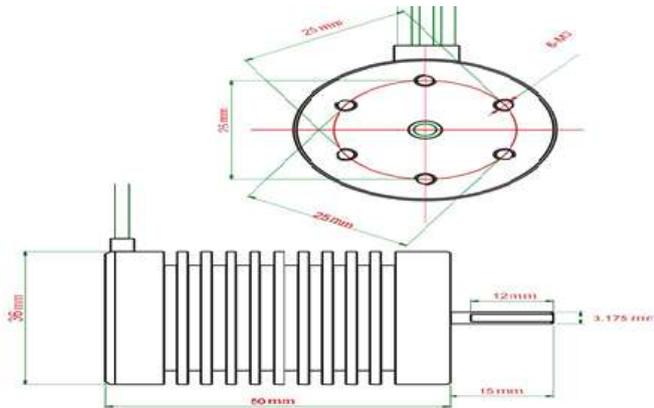
FEATURES

- CUI AMT112S encoder + LIN Engineering stepper motor
- stepper motor with encoder for closed-loop mode when paired with a controller
- small, compact NEMA 23 frame size
- up to 270 oz-in (1.90 N-m) holding torque
- patented capacitive encoder ASIC technology
- incremental resolutions up to 4096 PPR
- resolutions programmable with AMT Viewpoint™ PC software
- digitally set zero position



MODEL	step angle	current/phase	resistance/phase	inductance/phase	max holding torque	max optimal speed	body length
	(°)	(A)	typ (Ω±10%)	typ (mH±20%)	(oz-in)	(RPS)	max (inch)
NEMA23-17-1SSD-AMT112S	1.8	2.10	1.2	2.18	85.0	13	1.74
NEMA23-17-1SPD-AMT112S	1.8	4.20	0.3	0.39	85.0	24	1.74
NEMA23-17-01SD-AMT112S	1.8	1.40	2.8	4.1	85.0	6	1.74
NEMA23-17-01PD-AMT112S	1.8	2.80	0.7	1.15	85.0	11	1.74
NEMA23-22-02SD-AMT112S	1.8	2.10	1.8	4.8	170.0	3	2.22
NEMA23-22-02PD-AMT112S	1.8	4.20	0.5	1.2	170.0	9	2.22
NEMA23-31-01SD-AMT112S	1.8	1.40	4.5	12.76	270.0	2	3.1
NEMA23-31-01PD-AMT112S	1.8	2.80	1.1	3.82	270.0	5	3.1

Anexo B: Datasheet del motor Brushless Goolrc.



Motor Specifications:

Brand: GoolRC
 UPC: 713524478599
 KV: 4370KV
 Max current: 66A
 Max watts: 820W
 Input voltage: 7.4-11.1V
 Connector: 4mm banana connector
 Can diameter: 36mm
 Can length: 50mm
 Shaft diameter: 3.175mm
 Shaft length: 15mm
 Weight: 148g

ESC Specifications:

Brand: GoolRC
 Cont. current: 45A
 Burst current: 260A at 10S
 Battery: 2-3S LiPo battery / 4-9S NiMh battery
 SBEC Output: 5.8V/3A
 Power supply plugs: T Male
 Motor plugs: 4mm banana connector

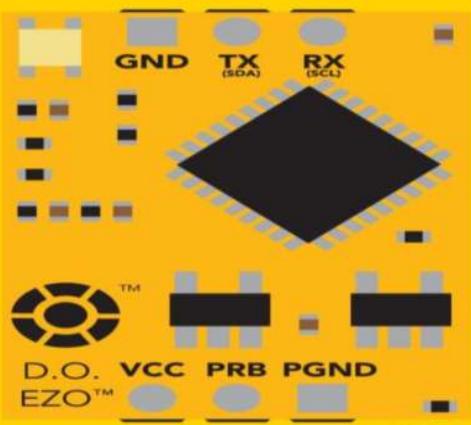
Anexo C: Datasheet del sensor EZO-DO™



AtlasScientific™
 Environmental Robotics
V 4.7
Revised 07/2014

EZO-DO™

Embedded Dissolved Oxygen Circuit

Reads	Dissolved Oxygen	
Range	0.01 – 100+ mg/L 0.1 – 400+ % saturation	
Accuracy	+/- 0.05 mg/L	
Response time	1 reading per sec	
Supported probes	Any galvanic probe	
Calibration	1 or 2 point	
Temperature, salinity and pressure compensation	Yes	
Data protocol	UART & I²C	
Default I ² C address	97 (0x61)	
Operating voltage	3.3V – 5V	
Data format	ASCII	

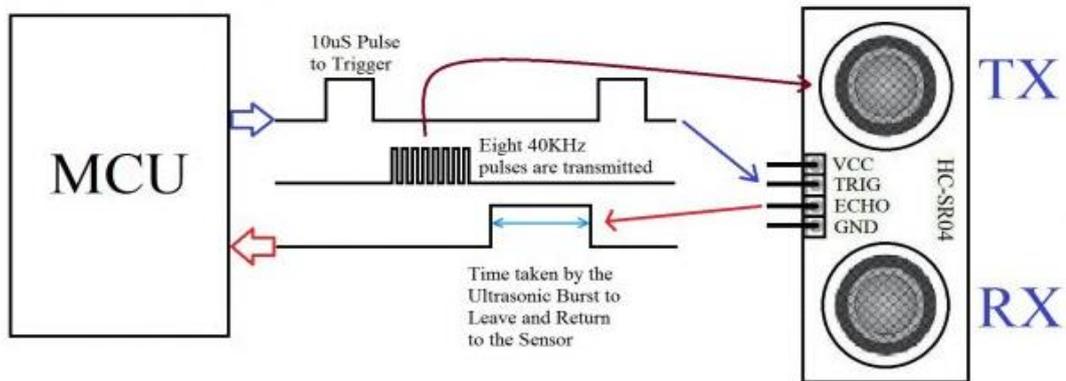


PATENT PROTECTED

Written by Jordan Press
 Designed by Noah Press

This is an evolving document, check back for updates.

Anexo D: Datasheet del sensor HC-SR04



Anexo E: Datasheet del sensor YL-83

Technical Data

Sensor

Capacitive principle, thick layer sensor
RainCap™ with a thin glass shield. Integrated heater element.

Sensitivity of Rain Detection

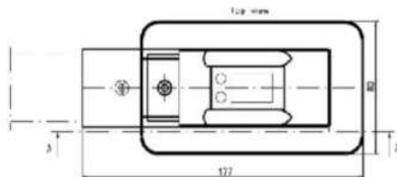
Minimum wet area	0.05 cm ²
OFF-delay (active)	< 5 min

Physical

Sensor plate	
Sensing area	7.2 cm ²
Angle	30°
Housing material	Polypropylene
Windshield and support bracket	Aluminum
Moisture shield	Polyurethane
Dimensions (h x w x l)	
With wind shield	110 x 80 x 175 mm
Without wind shield	90 x 46 x 157 mm
Weight	500 g
Cable length	4 m

Electrical

Supply voltage	12 VDC ± 10 %
Supply current	
Typical less than	150 mA
Maximum	260 mA
Heater OFF	25 mA
Sensor plate	
Heating power	0.5 ... 2.3 W



Output

Rain ON/OFF	
Open collector, active low signal corresponds to rain	
Maximum voltage	15 V
Maximum current	50 mA
Analog output	1...3 V (wet...dry)
Frequency output	1500...6000 Hz, non-calibrated

Input

Control to switch heater OFF	
Open circuit input enables the heater.	
Connection to GND disables the heater.	
Contact rating min.	15 V, 2 mA

Ground Wiring

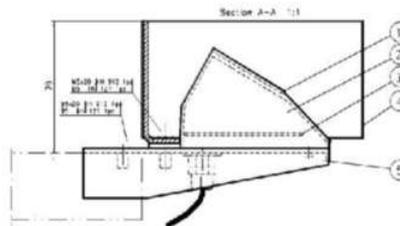
Separate ground wires for signal and heater

Temperature Range

Operating	-15...+55 °C (+5...+131 °F)
Storage	-40...+65 °C (-40...+149 °F)

Mounting

By one screw (M5 x 20 mm) to sensor arm



1. Sensor, RainCap™
2. Polyurethane moisture shield
3. Component assembly
4. Wind shield
5. Mounting plate

Anexo F: Datasheet del módulo GSM SIM900

GSM/GPRS RS232 Modem from rhydoLABZ is built with SIMCOM Make SIM900 Quad-band GSM/GPRS engine, works on frequencies 850 MHz, 900 MHz, 1800 MHz and 1900 MHz. It is very compact in size and easy to use as plug in GSM Modem. The Modem is designed with RS232 Level converter circuitry, which allows you to directly interface PC Serial port. The baud rate can be configurable from 9600-115200 through AT command. Initially Modem is in Autobaud mode. This GSM/GPRS RS232 Modem is having internal TCP/IP stack to enable you to connect with internet via GPRS. It is suitable for SMS as well as DATA transfer application in M2M interface.

The modem needed only 3 wires (Tx,Rx,GND) except Power supply to interface with microcontroller/Host PC. The built in Low Dropout Linear voltage regulator allows you to connect wide range of unregulated power supply (4.2V -13V). Yes, 5 V is in between !! .Using this modem, you will be able to send & Read SMS, connect to internet via GPRS through simple AT commands.

FEATURES

- High Quality Product (Not hobby grade)
- Quad-Band GSM/GPRS
850/ 900/ 1800/ 1900 MHz
- Built in RS232 Level Converter (MAX3232)
- Configurable baud rate
- SMA connector with GSM L Type Antenna.
- Built in SIM Card holder.
- Built in Network Status LED
- Inbuilt Powerful TCP/IP protocol stack for internet data transfer over GPRS.
- Audio interface Connector
- Most Status & Controlling Pins are available at Connector
- Normal operation temperature: -20 °C to +55 °C
- Input Voltage: 5V-12V DC

SPECIFICATIONS

- Quad-Band 850/ 900/ 1800/ 1900 MHz
- GPRS multi-slot class 10/8
- GPRS mobile station class B
- Compliant to GSM phase 2/2+
 - Class 4 (2 W @850/ 900 MHz)
 - Class 1 (1 W @ 1800/1900MHz)
- Dimensions: 24*24*3mm
- Weight: 3.4g
- Control via AT commands (GSM 07.07 ,07.05 and SIMCOM enhanced AT Commands)
- Low power consumption: 1.0mA(sleep mode)
- Operation temperature: -40°C to +85 °C\

Specifications for Fax

- Group 3, class 1

Specifications for Data

- GPRS class 10: max. 85.6 kbps (downlink)
- PBCCH support
- Coding schemes CS 1, 2, 3, 4
- CSD up to 14.4 kbps
- USSD
- Non transparent mode
- PPP-stack

Specifications for SMS via GSM/GPRS

- Point to point MO and MT
- SMS cell broadcast
- Text and PDU mode

Software features

- 0710 MUX protocol
- embedded TCP/UDP protocol
- FTP/HTTP

Special firmware

- MMS
- Java (cooperate with Iasolution)
- Embedded AT

Anexo G: Datasheet del arduino mega 2560

Technical Specification

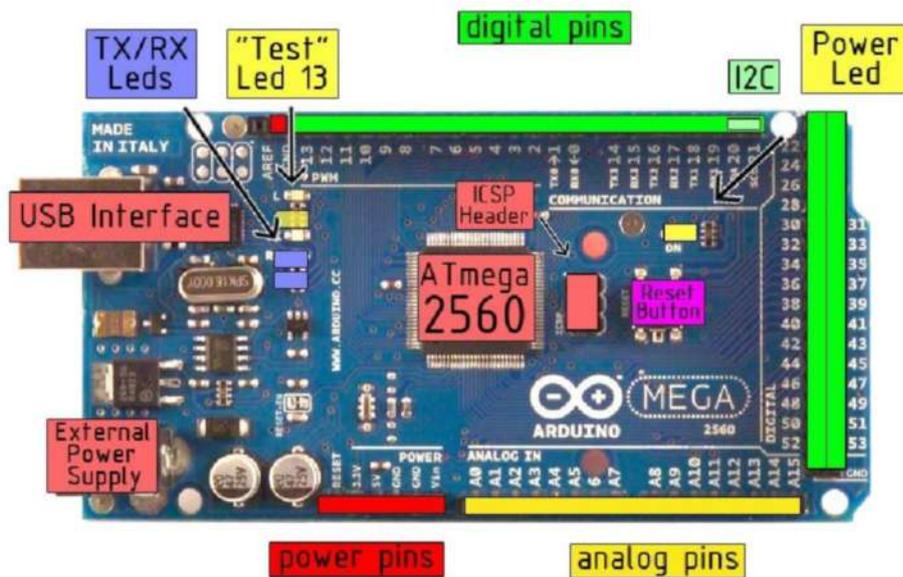


EAGLE files: [arduino-mega2560-reference-design.zip](#) Schematic: [arduino-mega2560-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

the board



radiospares

RADIONICS



Anexo H: Datasheet del controlador TB6600

www.sorotec.de

TB6600
Stepper Motor Driver

**Analog Driver
Model TB6600**

Analog Technology, max. 40 VDC / 4.0 A (PEAK)

Product Description:
The TB6600 single axis drive is a low cost microstepping drive. It is suitable for driving 2-phase and 4-phase hybrid stepper motors. Not for professional applications.

Features:

- Cost-effective
- Supply voltage up to +40 VDC, Output current up to 4.0 A (PEAK)
- Output current selectable in 8 steps via DIP-switch
- Automatic idle-current reduction (in standstill mode) to reduce motor heating
- Pulse input frequency up to 20 kHz
- Input suitable for 5 V signals
- Inputs are optically isolated
- 6 selectable microstep resolutions, up to 6400 steps/rev with standard 1.8° motors
- Suitable for 2-phase and 4-phase motors
- Supports PUL/DIR mode
- Over current and overheat protection

Electrical Specifications:

Parameters	Min	Typ.	Max	Unit
Output current	0.7	-	4.0 (3.5 RMS)	A
Supply voltage	+9	+36	+40	VDC
Logic signal current	8	10	15	mA
Puls input frequency	0	-	20 when duty cycle is 25 high / 75 low 13 when duty cycle is 50 / 50	kHz
Insulation resistance	500			MΩ

Further Specifications:

Microsteps / 1,8 °	200		6400
PUL / DIR		yes	
NEMA sizes	17		24
Motor type Mecheltron	42BYGH-XXXX		60BYGH-XXX



22.01.18

Right of techn. modifications is reserved
www.sorotec.de
Technische Änderungen vorbehalten

Anexo I: Datasheet del controlador TBS7960



High Current PN Half Bridge BTS 7960

Maximum Ratings

3 Maximum Ratings

-40 °C < T_j < 150 °C (unless otherwise specified)

Pos	Parameter	Symbol	Limits		Unit	Test Condition
			min	max		

Electrical Maximum Ratings

3.0.1	Supply voltage	V_{VS}	-0.3	45	V	
3.0.2	Logic Input Voltage	V_{IN} V_{INH}	-0.3	5.3	V	
3.0.3	HS/LS continuous drain current	$I_{D(HS)}$ $I_{D(LS)}$	-40	40 ¹⁾	A	$T_C < 85^\circ\text{C}$ switch active
3.0.4	HS pulsed drain current	$I_{D(HS)}$	-60	60 ¹⁾	A	$T_C < 85^\circ\text{C}$ $t_{\text{pulse}} = 10\text{ms}$
3.0.5	LS pulsed drain current	$I_{D(LS)}$	-60	60 ¹⁾	A	
3.0.6	Voltage at SR pin	V_{SR}	-0.3	1.0	V	
3.0.7	Voltage between VS and IS pin	$V_{VS} - V_{IS}$	-0.3	45	V	
3.0.8	Voltage at IS pin	V_{IS}	-20	45	V	

Thermal Maximum Ratings

3.0.9	Junction temperature	T_j	-40	150	°C	
3.0.10	Storage temperature	T_{stg}	-55	150	°C	

ESD Susceptibility

3.0.11	ESD susceptibility HBM	V_{ESD}			kV	according to EIA/ JESD 22-A 114B
	IN, INH, SR, IS OUT, GND, VS		-2 -6	2 6		

¹⁾ Maximum reachable current may be smaller depending on current limitation level

Note: Maximum ratings are absolute ratings; exceeding any one of these values may cause irreversible damage to the device. Exposure to maximum rating conditions for extended periods of time may affect device reliability

Anexo J: Datasheet de la pantalla Nextion 3.2''

Electronic Characteristics

	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Operating Voltage		4.75	5	7	V
Operating Current	VCC=+5V, Brightness is 100%	-	85	-	mA
	SLEEP Mode	-	15	-	mA
Power supply recommend : 5V, 500mA, DC					

Working Environment & Reliability Parameter

	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Working Temperature	5V, Humidity 60%	-20	25	70	°C
Storage Temperature		-30	25	85	°C
Working Humidity	25°C	10%	60%	90%	RH

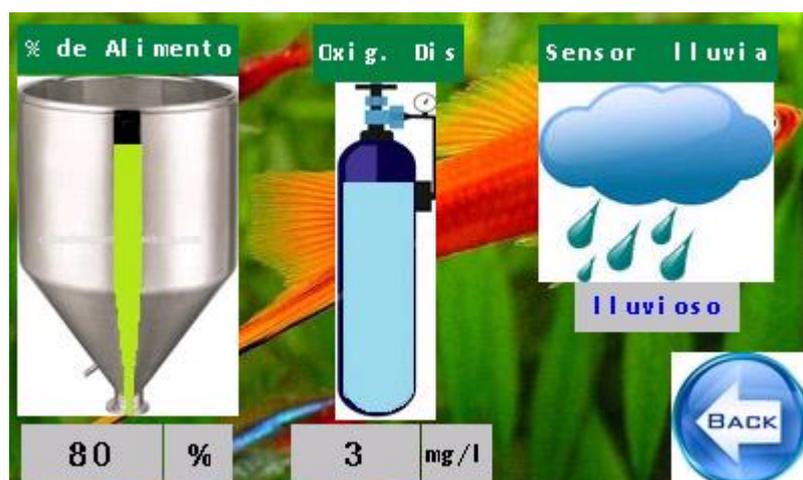
Interfaces Performance

	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Serial Port Baudrate	Standard	2400	9600	115200	bps
Output High Voltage	IOH=1mA	3.0	3.2		V
Output Low Voltage	IOL=1mA		0.1	0.2	V
Input High Voltage		2.0	3.3	5.0	V
Input Low Voltage		-0.7	0.0	1.3	V
Serial Port Mode	TTL				
Serial Port	4Pin_2.54mm				
USB interface	NO				
SD card socket	Yes (FAT32 format), support maximum 32G Micro SD Card * microSD card socket is exclusively used to upgrade Nextion firmware / HMI design.				

Memory Features

Memory Type	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
FLASH Memory	Store fonts and images			4	MB
RAM Memory	Store variables			3584	BYTE

Anexo K: Ventanas de los diferentes estados



Ingrese el número que recibirá las notificaciones

0 998636644

Registrar

Numero registrado
0 998636644

DEL 0 AC

BACK

Parámetros de configuración

Selección del tipo de balanceado

Ingrese la cantidad de balanceado

Frecuencia y porcentaje de alimentación

BACK

Seleccione uno de los tipos de balanceado

Balanceado de 2mm

Balanceado de 4mm

Balanceado de 7mm

Balanceado de 10mm

Ultimo Dato
2 mm

BACK



Anexo L: Caracterización del sensor de distancia HC-SR04



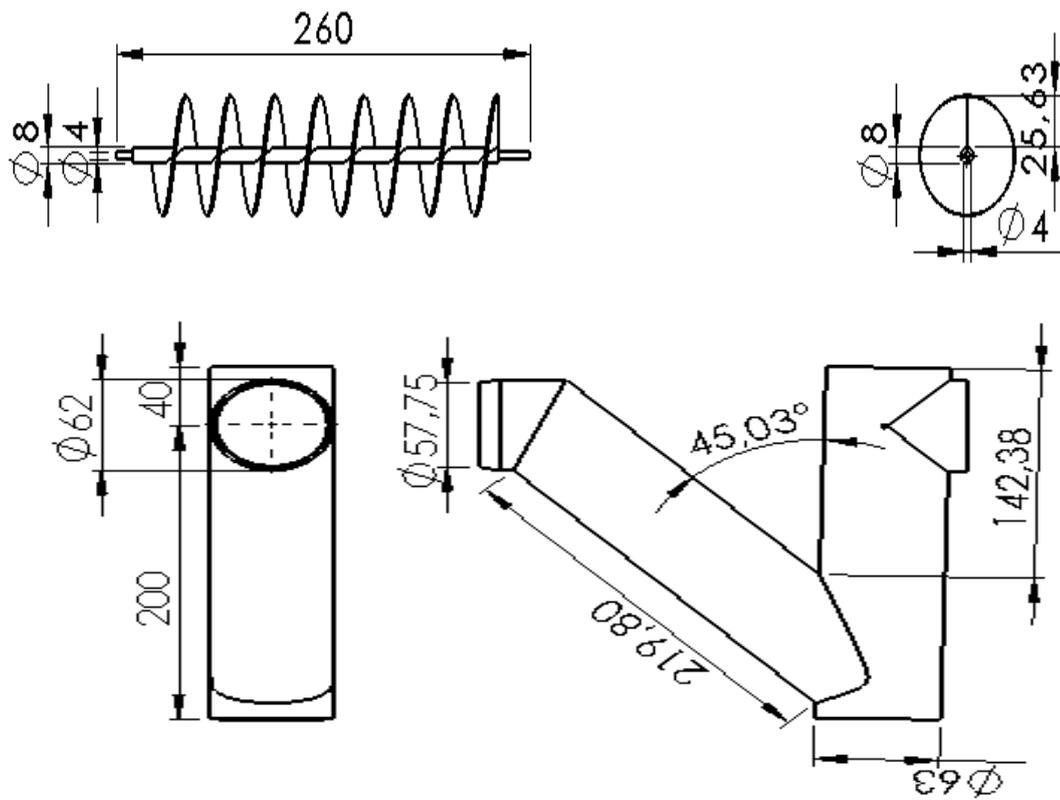
Anexo M: Caracterización del sensor de oxígeno disuelto EZO-DO™



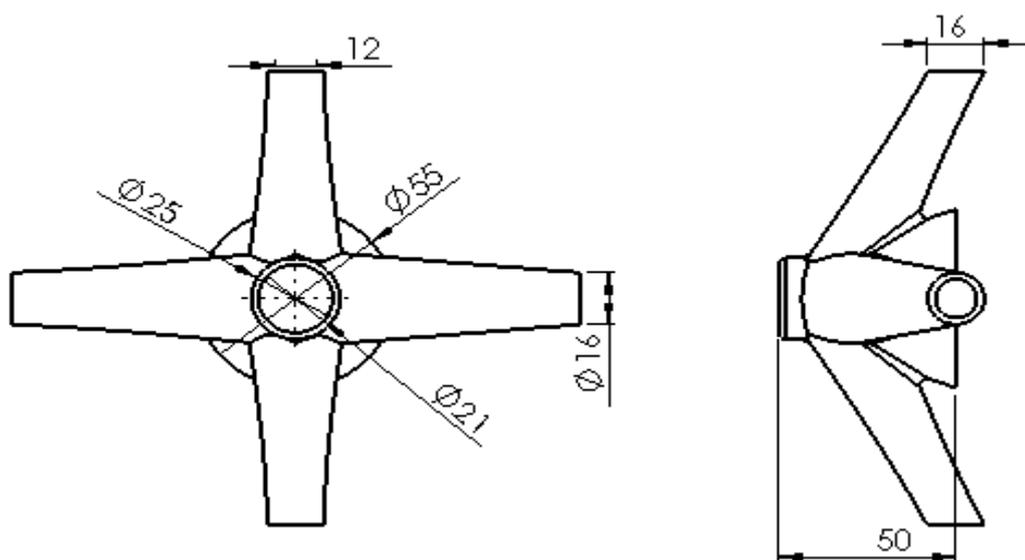
Anexo N: Caracterización del sensor de lluvia YL-83



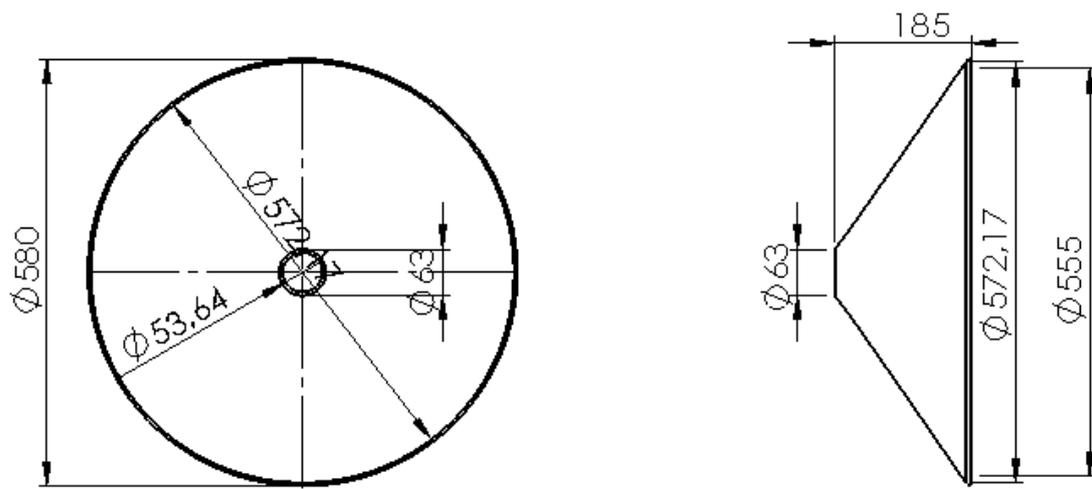
Anexo 0: Plano 2D tornillo sin fin



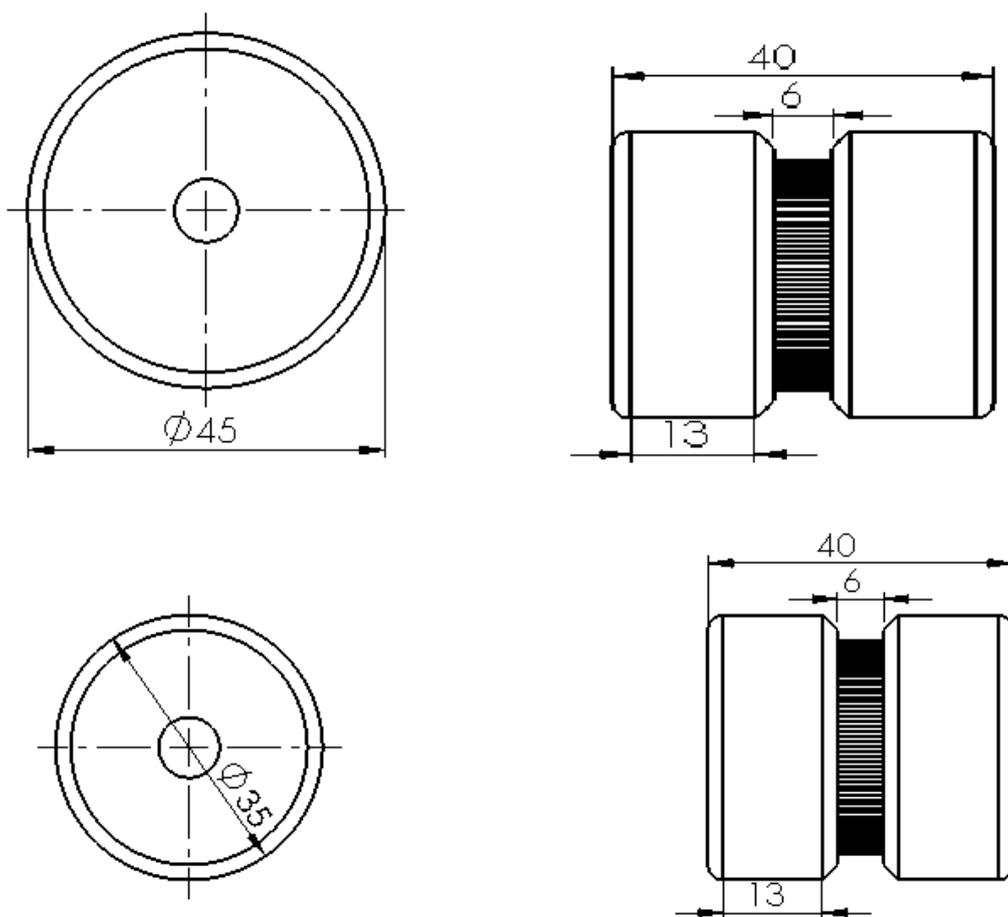
Anexo P: Plano 2D del Aspersor



Anexo Q: Plano 2D acople tolva.



Anexo R: Plano 2D sistema simple de poleas.



Anexo S: Código del SIAT-CAVC

```
//---LIBRERIAS A UTILIZAR---//
#include <SoftwareSerial.h>
#include "Nextion.h"
#include <Wire.h>
#include "Sodaq_DS3231.h"
#include<Servo.h>                //libreria brushless
SoftwareSerial SIM900(10,11);    //10=Tx, 11=Rx
#define pul_mas 2
#define pul_menos 3
#define dir 4
#define enable 5
#define Ptrig 6
#define Pecho 7
#define alim_m1 12
#define alim_m2 13
#define alim_nextion 23
#define alim_ultrasonico 25
#define alim_lluvia1 27
#define alim_lluvia2 29
#define alim_do 31
#define pulso_gsm 33
#define alim_gsm 35
#define aireador 37
#define aviso 40

//*****VARIABLES*****//
Servo ESC;                        //Objeto m1
int hora_rtc,minutos_rtc,dia_rtc,mes_rtc,year_rtc,temperatura,diachar; //Var_RTC//
int nivel_oxig, nivel_lluvia, oxig_disuelto;
long duracion, distancia;        //Var_Sensor
int nivel_tolva=0, dia_control=9, contadorDO=0, contadorULTRA=0;
String clima, nivel_DO="OPTIMO",sensorstring = "";
boolean sensor_string_complete = false;
float DO;
int tamano_bal,n_porcentaje,n_vecesdia,vgramos;           //Var_Nextion
```

```

uint32_t tipo_bal,venterokg,vdecimalkg;
uint32_t porc24,porc28,porc32,porc38,porc,vecesday;
String indicetelf="+593"; String num="", controlGSM;           //Var_GSM//
String llamada;
int nivel_alim;           //Var_Motor
double pasos_alimentacion;
String aliment241="FALTA241", aliment242a="FALTA242a";
String aliment242b="FALTA242b",aliment282a="FALTA282a";           //Var_Tablas
String aliment282b="FALTA282b",aliment283a="FALTA283a";
String aliment283b="FALTA283b",aliment283c="FALTA283c";
String aliment323a="FALTA323a",aliment323b="FALTA323b";
String aliment323c="FALTA323c",aliment383a="FALTA383a";
String aliment383b="FALTA383b",aliment383c="FALTA383c";
String aliment384a="FALTA384a",aliment384b="FALTA384b";
String aliment384c="FALTA384c",aliment384d="FALTA384d";
char buffer[9]={0};
//--Configuración del RTC--//
char DiaSemana[][4]={"Lun","Mar","Mie","Jue","Vie","Sab","Dom"}; //7=DOm, 1=Lun
//DateTime dt(2018,7,18,13,29,30,3); // (año,mes,dia,hora,minutos,segundos,1)
//Variables de Estado//
int estado; char indicador;
const int estado_inicio=1;const int estado_menu_ajuste=2;const int estado_sensores=3;
const int estado_telefono = 4; const int estado_tipo_balanceado = 5;
const int estado_cantidad_kg = 6; const int estado_frecuencia_porcentaje = 7;
const int estado_alimentacion=8;
//---Declaración de objetos Nextion---//
//pagina 2:fondo1
NexPage page_fondo1=NexPage(2,0,"fondo1"); NexButton b0_ajuste=NexButton(2, 2, "b0");
NexButton b1_sensores=NexButton(2,4,"b1"); NexButton b2_info = NexButton(2, 6, "b2");
NexNumber n0hora = NexNumber(2,7, "n0"); NexNumber n1minutos = NexNumber(2, 8, "n1");
NexNumber n2dia = NexNumber(2, 10, "n2"); NexNumber n3mes = NexNumber(2, 11, "n3");
NexNumber n4year = NexNumber(2, 12, "n4"); NexNumber n5temp = NexNumber(2, 15, "n5");
//pagina 3:vajuste
NexPage page_vajuste=NexPage(3,0,"vajuste");
NexButton b0_backajuste=NexButton(3,2,"b0"); NexButton b1_tipobal=NexButton(3,7,"b1");
NexButton b2_cantidadbal=NexButton(3,9,"b2");

```

```

NexButton b3_frec_porc=NexButton(3,12,"b3");
    //pagina 4:vsensor
NexPage page_vsensor=NexPage(4,0,"vsensor");
NexButton b0_backsensor=NexButton(4,2,"b0"); NexNumber n0tolva=NexNumber(4,4,"n0s");
NexNumber n1oxig = NexNumber(4, 10, "n1s"); NexText t5lluvia = NexText(4,15,"t5");
NexProgressBar j0tolva = NexProgressBar(4,5,"j0");
NexProgressBar j1oxig = NexProgressBar(4, 9, "j1");
NexProgressBar j2lluvia = NexProgressBar(4, 16, "j2");
    //pagina 5:vinfo
NexPage page_vinfo=NexPage(5,0,"vinfo"); NexButton b0_backinfo = NexButton(5,2,"b0");
NexButton b13_registrar=NexButton(5,22,"b13"); NexText t2numeros=NexText(5,17,"t2");
NexText t3numguard = NexText(5,20,"t4");
    //pagina 6:tipobalanceado
NexButton b0_backtipobal=NexButton(6,2,"b0");
NexNumber n0tipobal=NexNumber(6,12,"n0");
    //pagina 7:kgbalanceado
NexButton b0_backcantidadbal = NexButton(7, 2, "b0");
NexButton b1_ingresarkg = NexButton(7, 14, "b5kg");
NexNumber n0datogr = NexNumber(7, 17, "n0");
NexNumber n0kgentero = NexNumber(7, 4, "n0kg");
NexNumber n1kgdecimal = NexNumber(7, 8, "n1kg");
NexNumber n0gramos = NexNumber(7, 15, "n0gr");
    //pagina 8: frecYporc
NexButton b0_backfrec_porc = NexButton(8, 2, "b0");
NexNumber n0vecesdia = NexNumber(8, 12, "n0");
NexNumber n1porcentaje = NexNumber(8, 18, "n1");
NexNumber n2veces_dia = NexNumber(8, 19, "n2");
    //pagina 9: alimentación
NexPage page_alimentacion = NexPage(9, 0, "alimentacion");
NexNumber n2tolva = NexNumber(9,8,"n2"); NexNumber n3mm=NexNumber(9,10,"n3");
NexNumber n0porc_alim=NexNumber(9,4,"n0"); NexText t7alim = NexText(9, 13, "t7");
NexNumber n1veces_alim=NexNumber(9,6,"n1");
NexProgressBar j0progress_alim = NexProgressBar(9, 2, "j0");
//---LISTA LISTEN DE NEXTION---//
NexTouch *nex_listen_list[] =
{&b0_ajuste, &b1_sensores, &b2_info, //pagina 2: fondo1

```

```

&b0_backajust, &b1_tipobal, &b2_cantidadbal, &b3_frec_porc, //pagina 3: vajuste
&b0_backsensor, //pagina 4: vsensor
&b0_backinfo, &b13_registrar, //pagina 5: vinfo
&b0_backtipobal, //pagina 6: balanceado
&b0_backcantidadbal, &b1_ingresarkg, //pagina 7: kgbalanceado
&b0_backfrec_porc, //pagina 8: frecYporc
NULL};

//***** VOID SETUP *****/
void setup() {
Serial.begin(9600); Serial3.begin(9600); //COMUNICACIONES ARDUINO
Wire.begin(); rtc.begin();//rtc.setDateTime(dt); //COMUNICACION RTC//
SIM900.begin(19200); //COMUNICACION GSM//
nexusInit(); //COMUNICACION NEXTION//
sensorstring.reserve(30);
//---DEFINICIÓN DE PUERTOS---//
pinMode(Pecho,INPUT); pinMode(Ptrig,OUTPUT);
pinMode(alim_nextion,OUTPUT); pinMode(alim_ultrasonico,OUTPUT);
pinMode(alim_lluvia1,OUTPUT); pinMode(alim_lluvia2,OUTPUT);
pinMode(alim_do,OUTPUT);pinMode(pulso_gsm,OUTPUT);
pinMode(alim_gsm,OUTPUT); pinMode(aireador,OUTPUT);
pinMode(alim_m2,OUTPUT); pinMode(alim_m1,OUTPUT);
pinMode(aviso,OUTPUT); pinMode(pul_mas,OUTPUT);
pinMode(pul_menos,OUTPUT); pinMode(dir,OUTPUT);
pinMode(enable,OUTPUT); ESC.attach(9);
//----INICIALIZACION DE MODULOS----//
//MODULOS APAGADOS
digitalWrite(aireador,HIGH); digitalWrite(alim_m1,HIGH);
digitalWrite(alim_m2,HIGH);
//MODULOS ENCENDIDOS
digitalWrite(alim_nextion,HIGH);digitalWrite(alim_ultrasonico,HIGH);
digitalWrite(alim_lluvia1,HIGH); digitalWrite(alim_lluvia2,HIGH);
digitalWrite(alim_do,HIGH); digitalWrite(alim_gsm,LOW);
digitalWrite(pulso_gsm,HIGH); delay(1500); digitalWrite(pulso_gsm,LOW);
//---LLAMADA DE EVENTOS---//
eventos();

```

```

//---INICIALIZACION DE ESTADOS---//
estado=estado_inicio;
delay(2000);}

//*****RECEPCION DE DATOS DEL SENSOR DO*****//
void serialEvent3() {
  sensorstring = Serial3.readStringUntil(13);
  sensor_string_complete = true;      }

//*****EVENTOS Y CONTROL DE PULSACIONES *****//
      //----LLAMADA DE EVENTOS----//
void eventos(){
  //--1.Estado menu inicio--//
  b0_ajuste.attachPop(control_ajuste,&b0_ajuste);
  b1_sensores.attachPop(control_sensores,&b1_sensores);
  b2_info.attachPop(control_info,&b2_info);

  //2.estado menu ajuste//
  b0_backajust.attachPop(control_backajust,&b0_backajust);
  b1_tipobal.attachPop(control_tipobal,&b1_tipobal);
  b2_cantidadbal.attachPop(control_cantidadbal,&b2_cantidadbal);
  b3_frec_porc.attachPop(control_frec_porc,&b3_frec_porc);

  //2.1 estado tipo de balanceado//
  b0_backtipobal.attachPop(control_backtipobal,&b0_backtipobal);

  //2.2 estado cantidad de kg//
  b0_backcantidadbal.attachPop(control_backcantidadbal,&b0_backcantidadbal);
  b1_ingresarkg.attachPop(control_ingresarkg,&b1_ingresarkg);

  //2.3 estado frecuencia_porcentaje //
  b0_backfrec_porc.attachPop(control_backfrec_porc,&b0_backfrec_porc);

  //2.estado menu ajuste//
  b0_backfrec_porc.attachPop(control_backfrec_porc,&b0_backfrec_porc);

  //3.estado sensores//
  b0_backsensor.attachPop(control_backsensor,&b0_backsensor);

  //4.estado telefono//
  b0_backinfo.attachPop(control_backinfo,&b0_backinfo);
  b13_registrar.attachPop(control_registrar,&b13_registrar);}

      //----CONTROL DE PULSACIONES DE NEXTION ----//
      //control 1.estado menu inicio//
void control_ajuste(void *ptr){ indicador='A';}

```

```

void control_sensores(void *ptr){ indicador='B';}
void control_info(void *ptr){ indicador='C';}
    //control 2.estado menu ajuste//
void control_tipobal(void *ptr){ indicador='D';}
void control_cantidadbal(void *ptr){ indicador='E';}
void control_frec_porc(void *ptr){ indicador='F';}
void control_backajust(void *ptr){ indicador='G';}
    //control 3.estado sensores//
void control_backsensor(void *ptr){ indicador='H';}
    //control 4.estado telefono//
void control_backinfo(void *ptr){ indicador='I';}
void control_registrar(void *ptr){ indicador='M';}
    //control 2.1 estado tipo_balanceado//
void control_backtipobal(void *ptr){ indicador='J';}
    //control estado 2.2 cantidad_kg//
void control_backcantidadbal(void *ptr){ indicador='K';}
void control_ingresarkg(){ indicador='R';}
    //control estado 2.3 frec_porc//
void control_backfrec_porc(void *ptr){ indicador='L';}
//*****VOID LOOP*****//
void loop() {
nexLoop(nex_listen_list);
funcion_control_estados();}
//*****MENU PRINCIPAL Y CONTROL DE ESTADOS*****//
    //---MENU PRINCIPAL---//
void funcion_control_estados(){
switch (estado){
case estado_inicio:
f_principal();
f_control_estado_inicio();
break;
case estado_menu_ajuste:
f_control_estado_menu_ajuste(); break;
case estado_tipo_balanceado:
f_tipo_balanceado(); f_control_estado_tipo_balanceado(); break;

```

```

    case estado_cantidad_kg:
        f_cantidad_kg(); f_control_estado_cantidad_kg(); break;
    case estado_frecuencia_porcentaje:
        f_frecuencia_porcentaje(); f_control_estado_frecuencia_porcentaje(); break;
    case estado_sensores:
        f_tolva(); f_DO(); f_lluvia(); f_datos_sensores();
        f_control_estado_sensores();break;
    case estado_telefono:
        f_telefono();
        f_control_estado_telefono();
        break;
    case estado_alimentacion:
        f_alimentacion();
        f_control_estado_alimentacion();
        break; }}

        //----CONTROL DE ESTADOS-----//

void f_control_estado_inicio(){
    if(indicador=='A'){estado=estado_menu_ajuste; page_vajuste.show(); }
    else if(indicador=='B'){estado=estado_sensores; page_vsensor.show();}
    else if(indicador=='C'){estado=estado_telefono; page_vinfo.show();}
    t2numeros.setText(buffer); t3numguard.setText(buffer);}
    else if(indicador=='N'){estado=estado_alimentacion;page_alimentacion.show();}}
void f_control_estado_menu_ajuste(){
    if(indicador=='D'){estado=estado_tipo_balanceado; n0tipobal.setValue(tamano_bal);}
    else if(indicador=='E'){estado=estado_cantidad_kg; n0datogr.setValue(vgramos);}
    else if(indicador=='F'){estado=estado_frecuencia_porcentaje;
    n0vecesdia.setValue(n_vecesdia); n2veces_dia.setValue(n_vecesdia);
    n1porcentaje.setValue(n_porcentaje);}
    else if(indicador=='G'){estado=estado_inicio; }}
void f_control_estado_sensores(){
    if(indicador=='H'){estado=estado_inicio; page_fondo1.show(); }}
void f_control_estado_telefono(){
    if(indicador=='I'){estado=estado_inicio; page_fondo1.show(); }
    if(indicador=='M'){num="";for(int i=0;i<=8;i++){ num += buffer[i];}
    t3numguard.setText(buffer); indicador='Z';}}
void f_control_estado_alimentacion(){

```

```

if(indicador=='O'){estado=estado_inicio; page_fondo1.show(); }}

void f_control_estado_tipo_balanceado(){
if(indicador=='J'){estado=estado_menu_ajuste; page_vajuste.show();}}
void f_control_estado_cantidad_kg(){
if(indicador=='K'){estado=estado_menu_ajuste; page_vajuste.show(); }
if(indicador=='R'){f_cantidad_kg();}}
void f_control_estado_frecuencia_porcentaje(){
if(indicador=='L'){estado=estado_menu_ajuste; page_vajuste.show();}}

//*****FUNCIONES DE PROCESO*****//

void f_principal() {
    //---FUNCIÓN RELOJ---//
    DateTime now= rtc.now(); hora_rtc=now.hour(); minutos_rtc=now.minute();
    dia_rtc=now.date(); diachar=now.dayOfWeek(); mes_rtc=now.month();
    year_rtc=now.year(); temperatura=rtc.getTemperature();
    n0hora.setValue(hora_rtc); n1minutos.setValue(minutos_rtc); n2dia.setValue(dia_rtc);
    n3mes.setValue(mes_rtc); n4year.setValue(year_rtc); n5temp.setValue(temperatura);
    if(diachar!=7){
        //---ACTIVACIÓN DE DISPOSITIVOS---//
        if(hora_rtc==6&&minutos_rtc==12){ digitalWrite(alim_nexcion,HIGH);
        digitalWrite(alim_ultrasonico,HIGH); digitalWrite(alim_lluvia1,HIGH);
        digitalWrite(alim_lluvia2,HIGH); digitalWrite(alim_do,HIGH);
        digitalWrite(alim_gsm,LOW); digitalWrite(pulso_gsm,HIGH); delay(1500);
        digitalWrite(pulso_gsm,LOW); }
        //---CONTROL DE SENSORES---//
        if((hora_rtc==6&&minutos_rtc==15)||(hora_rtc==8&&minutos_rtc==45)|| //Revizar DO
        (hora_rtc==11&&minutos_rtc==45)||(hora_rtc==14&&minutos_rtc==15)){
            f_DO(); f_gsm();}
        if((hora_rtc==7&&minutos_rtc==0)||(hora_rtc==9&&minutos_rtc==30)|| //Tolva y
        (hora_rtc==10&&minutos_rtc==30)||(hora_rtc==12&&minutos_rtc==30)|| // GSM
        (hora_rtc==15&&minutos_rtc==0)||(hora_rtc==17&&minutos_rtc==30)){
            f_tolva(); f_gsm(); }
        if(((hora_rtc==7&&minutos_rtc>=25)||(hora_rtc==8&&minutos_rtc<=25))|| //Lluvia
        ((hora_rtc==9&&minutos_rtc>=55)||(hora_rtc==10&&minutos_rtc<55))||
        ((hora_rtc==10&&minutos_rtc>=50)||(hora_rtc==11&&minutos_rtc<40))||
        ((hora_rtc==12&&minutos_rtc>=55)||(hora_rtc==13&&minutos_rtc<=55))||
        ((hora_rtc==15&&minutos_rtc>=25)||(hora_rtc==16&&minutos_rtc<=25)))}

```

```

f_lluvia();}
if(hora_rtc==18&&minutos_rtc==0){ //REINICIO
aliment241="FALTA241", aliment242a="FALTA242a", aliment242b="FALTA242b";
aliment282a="FALTA282a",aliment282b="FALTA282b", aliment283a="FALTA283a";
aliment283b="FALTA283b",aliment283c="FALTA283c", aliment323a="FALTA323a";
aliment323b="FALTA323b", aliment323c="FALTA323c",aliment383a="FALTA383a";
aliment383b="FALTA383b",aliment383c="FALTA383c", aliment384a="FALTA384a";
aliment384b="FALTA384b", aliment384c="FALTA384c",aliment384d="FALTA384d";
digitalWrite(alim_nextion,LOW); digitalWrite(alim_ultrasonico,LOW);
digitalWrite(alim_lluvia1,LOW); digitalWrite(alim_lluvia2,LOW);
digitalWrite(alim_do,LOW); digitalWrite(alim_gsm,HIGH); }
//---ETAPA DE ALIMENTACION---//
switch (n_porcentaje){
case 24:
if(n_vecesdia==1){funcion_24_1();} if(n_vecesdia==2){funcion_24_2();} break;
case 28:
if(n_vecesdia==2){funcion_28_2();} if(n_vecesdia==3){funcion_28_3();} break;
case 32:
if(n_vecesdia==3){funcion_32_3();} break;
case 38:
if(n_vecesdia==3){funcion_38_3();} if(n_vecesdia==4){funcion_38_4();} break;    }}
else{
digitalWrite(alim_nextion,LOW); digitalWrite(alim_ultrasonico,LOW);
digitalWrite(alim_lluvia1,LOW); digitalWrite(alim_lluvia2,LOW);
digitalWrite(alim_do,LOW); digitalWrite(alim_gsm,HIGH);}
delay(700); nexLoop(nex_listen_list); }
void f_tolva(){
digitalWrite(Ptrig,LOW); delayMicroseconds(2); digitalWrite(Ptrig,HIGH);
delayMicroseconds(10); digitalWrite(Ptrig,LOW); //Pulso 10us
duracion =pulseIn(Pecho,HIGH); //Detecta us
if(contadorULTRA==5){ distancia=(duracion/2)/29; //Dist en cm
int nivel_tolv=map(distancia,95,15,0,100); contadorULTRA=0;
if(nivel_tolva!=nivel_tolv){ nivel_tolva=nivel_tolv;}
if(nivel_tolv<=0){ nivel_tolva=0;}if(nivel_tolv>=100){ nivel_tolva=100;}}
contadorULTRA=contadorULTRA+1;
nexLoop(nex_listen_list);}

```

```

void f_DO(){
if (sensor_string_complete == true) {
if (isdigit(sensorstring[0])) {DO = sensorstring.toFloat();
if(contadorDO==5){ if (DO >= 4.00) {nivel_DO="OPTIMO";}
if (DO<3.99&&DO>=3.01){nivel_DO="INTERMEDIO";}
if (DO<3.01){nivel_DO="BAJO";}
oxig_disuelto=DO; nivel_oxig=map(DO,0,10,0,100);
contadorDO=0;} } }
sensorstring = ""; sensor_string_complete = false;
contadorDO=contadorDO+1;
delay(200); nexLoop(nex_listen_list);}
void f_lluvia(){
int dato_lluvia1, dato_lluvia2;
dato_lluvia1=analogRead(A10); dato_lluvia2=analogRead(A11);
nivel_lluvia=(dato_lluvia1+dato_lluvia2)/2;
if(nivel_lluvia>=680&&nivel_lluvia<=1024){clima="DESPEJADO";}
if(nivel_lluvia>=0&&nivel_lluvia<650){clima="LLUVIOSO"; }
nexLoop(nex_listen_list); }
void f_datos_sensores(){
n0tolva.setValue(nivel_tolva); j0tolva.setValue(nivel_tolva);
n1oxig.setValue(oxig_disuelto); j1oxig.setValue(nivel_oxig);
if(clima=="DESPEJADO"){j2lluvia.setValue(0);t5lluvia.setText("DESPEJADO");}
if(clima=="LLUVIOSO"){j2lluvia.setValue(100);t5lluvia.setText("LLUVIOSO");}
delay(500); nexLoop(nex_listen_list); }
void f_telefono(){
memset(buffer, 0, sizeof(buffer)); t2numeros.getText(buffer, sizeof(buffer));
delay(500); nexLoop(nex_listen_list);}
void f_gsm() {
//---Envio de MSM para nivel tolva---//
if (nivel_tolva<5&&nivel_tolva>=3){
if(dia_control!=diachar){controlGSM="YES"; dia_control=diachar;}
else{controlGSM="NO";}
if(controlGSM=="YES"){
String destinationNumber=indicetelf+num;
SIM900.print("AT + CMGF=1\r"); delay(100);
SIM900.println("AT + CMGS =\ '"+destinationNumber+"\'");delay(100);

```

```

SIM900.println("Nivel de balanceado bajo, menor al 10% por favor recarge");
delay(100); SIM900.println((char)26); delay(100); SIM900.println(); delay(5000);} }

    //----Envio de MSM para nivel de DO----//
if (nivel_DO=="INTERMEDIO"){
if(dia_control!=diachar){controlGSM="YES"; dia_control=diachar;}
else{ controlGSM="NO";}
if(controlGSM=="YES"){
String destinationNumber=indicetelf+num;
SIM900.print("AT + CMGF=1\r"); delay(100);
SIM900.println("AT + CMGS =\ \""+destinationNumber+"\");delay(100);
SIM900.println("Nivel de oxigeno disuelto menor a 4 mg/l, por favor revise la piscina");
delay(100); SIM900.println((char)26); delay(100); SIM900.println(); delay(5000);} }

    //----REALIZA LLAMADAS PARA NIVEL DE TOLVA----//
if (nivel_tolva<2){String destinationNumber=indicetelf+num;
SIM900.println("ATD + "+destinationNumber+"); delay(100);
SIM900.println(); delay(20000); SIM900.println("ATH"); } nexLoop(nex_listen_list);}
void f_tipo_balanceado(){
n0tipobal.getValue(&tipo_bal); tamano_bal=tipo_bal; delay(250);      }
void f_cantidad_kg(){
n0kgintero.getValue(&venterokg); n1kgdecimal.getValue(&vdecimalkg);
vgramos=venterokg*1000+(vdecimalkg*100); n0gramos.setValue(vgramos); delay(250);}
void f_frecuencia_porcentaje(){
n1porcentaje.getValue(&porc); n_porcentaje=porc; n0vecesdia.getValue(&vecesday);
n_vecesdia=vecesday; delay(250);}
void funcion_pasos_alimentacion(){
if(tamano_bal==2){pasos_alimentacion=map(vgramos,0,30900,0,401299);}
if(tamano_bal==4){pasos_alimentacion=map(vgramos,0,30900,0,1203896);}
if(tamano_bal==7){pasos_alimentacion=map(vgramos,0,30900,0,2106818);}
if(tamano_bal==10){pasos_alimentacion=map(vgramos,0,30900,0,3009740);} }
void f_alimentacion(){
funcion_pasos_alimentacion();
int tiempo=0;
double numero_pasos=0;
n0porc_alim.setValue(n_porcentaje); n1veces_alim.setValue(n_vecesdia);
n2tolva.setValue(nivel_tolva); n3mm.setValue(tamano_bal);

```

```

if(llamada=="ALIMENTAR241"){aliment241="LISTO241"; t7alim.setText("Unica dosis");}
if(llamada=="ALIMENTAR242a"){aliment242a="YES242a";t7alim.setText("Primera dosis");}
if(llamada=="ALIMENTAR242b"){aliment242b="YES242b";t7alim.setText("Segunda dosis");}
if(llamada=="ALIMENTAR282a"){aliment282a="YES282a";t7alim.setText("Primera dosis");}
if(llamada=="ALIMENTAR282b"){aliment282b="YES282b";t7alim.setText("Segunda dosis");}
if(llamada=="ALIMENTAR283a"){aliment283a="YES283a";t7alim.setText("Primera dosis");}
if(llamada=="ALIMENTAR283b"){aliment283b="YES283b";t7alim.setText("Segunda dosis");}
if(llamada=="ALIMENTAR283c"){aliment283c="YES283c";t7alim.setText("Tercera dosis");}
if(llamada=="ALIMENTAR323a"){aliment323a="YES323a";t7alim.setText("Primera dosis");}
if(llamada=="ALIMENTAR323b"){aliment323b="YES323b";t7alim.setText("Segunda dosis");}
if(llamada=="ALIMENTAR323c"){aliment323c="YES323c";t7alim.setText("Tercera dosis");}
if(llamada=="ALIMENTAR383a"){aliment383a="YES383a";t7alim.setText("Primera dosis");}
if(llamada=="ALIMENTAR383b"){aliment383b="YES383b";t7alim.setText("Segunda dosis");}
if(llamada=="ALIMENTAR383c"){aliment383c="YES383c";t7alim.setText("Tercera dosis");}
if(llamada=="ALIMENTAR384a"){aliment384a="YES384a";t7alim.setText("Primera dosis");}
if(llamada=="ALIMENTAR384b"){aliment384b="YES384b";t7alim.setText("Segunda dosis");}
if(llamada=="ALIMENTAR384c"){aliment384c="YES384c";t7alim.setText("Tercera dosis");}
if(llamada=="ALIMENTAR384d"){aliment384d="YES384d";t7alim.setText("Cuarta dosis");}

//-----ACTIVACION DE MOTORES-----//

digitalWrite(aviso,HIGH); digitalWrite(alim_m1,LOW); digitalWrite(alim_m2,LOW);
digitalWrite(pul_mas,HIGH); digitalWrite(enable,HIGH); digitalWrite(dir,LOW);
digitalWrite(pul_menos,LOW);

do{
if(tiempo<700){ESC.write(1400);}
if(tiempo>=700&&tiempo<1400){ESC.write(1450);}
if(tiempo>=1400&&tiempo<2100){ESC.write(1500);}
if(tiempo>=2100&&tiempo<2800){ESC.write(1550);}
if(tiempo>=2800&&tiempo<3500){ESC.write(1600);}
if(tiempo>=3500&&tiempo<4200){ESC.write(1650);}
if(tiempo>=4200&&tiempo<5600){ESC.write(1700);}
if(tiempo>=5600&&tiempo<6300){ESC.write(1750);}
if(tiempo>=6300&&tiempo<7000){ESC.write(1800);}
if(tiempo>=7000&&tiempo<7700){ESC.write(1850);}
if(tiempo>=7700&&tiempo<8400){ESC.write(1900);}
if(tiempo>=8400&&tiempo<9100){ESC.write(1800);}
if(tiempo>=9100&&tiempo<9800){ESC.write(1700);}

```

```

if(tiempo>=9800&&tiempo<10500){ESC.write(1650);}
if(tiempo>=10500&&tiempo<11200){ESC.write(1600);tiempo=2800;}
if(numero_pasos>=1000){digitalWrite(pul_menos,!digitalRead(pul_menos));}
numero_pasos=numero_pasos+1;
tiempo=tiempo+4;
nivel_alim=map(numero_pasos,0,pasos_alimentacion,0,100);
j0progress_alim.setValue(nivel_alim); delay(4);
}while(numero_pasos<=pasos_alimentacion);
//----DESACTIVACION DE MOTORES----//
digitalWrite(aviso,LOW); digitalWrite(alim_m1,HIGH);digitalWrite(alim_m2,HIGH);
digitalWrite(pul_mas,LOW); digitalWrite(enable,LOW);
indicador='O';}
void funcion_24_1(){
if((hora_rtc==7&&minutos_rtc>=30)||(hora_rtc==8&&minutos_rtc<=30)){
if(aliment241=="FALTA241"){
if(clima=="DESPEJADO"&&nivel_DO=="OPTIMO"&&nivel_tolva>5){
indicador='N'; llamada="ALIMENTAR241"; } } }
void funcion_24_2(){
if((hora_rtc==7&&minutos_rtc>=30)||(hora_rtc==8&&minutos_rtc<=30)){ //1era Dosis
if(aliment242a=="FALTA242a"){
if(clima=="DESPEJADO"&&nivel_DO=="OPTIMO"&&nivel_tolva>5){
indicador='N'; llamada="ALIMENTAR242a"; } } }
if((hora_rtc==15&&minutos_rtc>=30)||(hora_rtc==16&&minutos_rtc<=30)){ //2da Dosis
if(aliment242b=="FALTA242b"){
if(clima=="DESPEJADO"&&nivel_DO=="OPTIMO"&&nivel_tolva>5){
indicador='N'; llamada="ALIMENTAR242b"; } } } }
void funcion_28_2(){
if((hora_rtc==7&&minutos_rtc>=30)||(hora_rtc==8&&minutos_rtc<=30)){ //1era Dosis
if(aliment282a=="FALTA282a"){
if(clima=="DESPEJADO"&&nivel_DO=="OPTIMO"&&nivel_tolva>5){
indicador='N'; llamada="ALIMENTAR282a"; } } }
if((hora_rtc==15&&minutos_rtc>=30)||(hora_rtc==16&&minutos_rtc<=30)){ //2da Dosis
if(aliment282b=="FALTA282b"){
if(clima=="DESPEJADO"&&nivel_DO=="OPTIMO"&&nivel_tolva>5){
indicador='N'; llamada="ALIMENTAR282b"; } } } }

```

```

void funcion_28_3(){
if((hora_rtc==7&&minutos_rtc>=30)||(hora_rtc==8&&minutos_rtc<=30)){ //1era Dosis
if(aliment283a=="FALTA283a"){
if(clima=="DESPEJADO"&&nivel_DO=="OPTIMO"&&nivel_tolva>5){
indicador='N'; llamada="ALIMENTAR283a"; } }
if((hora_rtc==11&&minutos_rtc>=0)||(hora_rtc==12&&minutos_rtc<=0)){ //2da Dosis
if(aliment283b=="FALTA283b"){
if(clima=="DESPEJADO"&&nivel_DO=="OPTIMO"&&nivel_tolva>5){
indicador='N'; llamada="ALIMENTAR283b"; } } }
if((hora_rtc==15&&minutos_rtc>=30)||(hora_rtc==16&&minutos_rtc<=30)){ //3da Dosis
if(aliment283c=="FALTA283c"){
if(clima=="DESPEJADO"&&nivel_DO=="OPTIMO"&&nivel_tolva>5){
indicador='N'; llamada="ALIMENTAR283c"; } } } }
void funcion_32_3(){
if((hora_rtc==7&&minutos_rtc>=30)||(hora_rtc==8&&minutos_rtc<=30)){ //1era Dosis
if(aliment323a=="FALTA323a"){
if(clima=="DESPEJADO"&&nivel_DO=="OPTIMO"&&nivel_tolva>5){
indicador='N'; llamada="ALIMENTAR323a"; } } }
if((hora_rtc==11&&minutos_rtc>=0)||(hora_rtc==12&&minutos_rtc<=0)){ //2da Dosis
if(aliment323b=="FALTA323b"){
if(clima=="DESPEJADO"&&nivel_DO=="OPTIMO"&&nivel_tolva>5){
indicador='N'; llamada="ALIMENTAR323b"; } } }
if((hora_rtc==15&&minutos_rtc>=30)||(hora_rtc==16&&minutos_rtc<=30)){ //3da Dosis
if(aliment323c=="FALTA323c"){
if(clima=="DESPEJADO"&&nivel_DO=="OPTIMO"&&nivel_tolva>5){
indicador='N'; llamada="ALIMENTAR323c"; } } } }
void funcion_38_3(){
if((hora_rtc==7&&minutos_rtc>=30)||(hora_rtc==8&&minutos_rtc<=30)){ //1era Dosis
if(aliment383a=="FALTA383a"){
if(clima=="DESPEJADO"&&nivel_DO=="OPTIMO"&&nivel_tolva>5){
indicador='N'; llamada="ALIMENTAR383a"; } } }
if((hora_rtc==10&&minutos_rtc>=0)||(hora_rtc==11&&minutos_rtc<=0)){ //2da Dosis
if(aliment383b=="FALTA383b"){
if(clima=="DESPEJADO"&&nivel_DO=="OPTIMO"&&nivel_tolva>5){
indicador='N'; llamada="ALIMENTAR383b"; } } }
if((hora_rtc==13&&minutos_rtc>=0)||(hora_rtc==14&&minutos_rtc<=0)){ //3da Dosis

```

```

if(aliment383c=="FALTA383c"){
    if(clima=="DESPEJADO"&&nivel_DO=="OPTIMO"&&nivel_tolva>5){
        indicador='N'; llamada="ALIMENTAR383c"; } } }
void funcion_38_4(){
if((hora_rtc==7&&minutos_rtc>=30)||(hora_rtc==8&&minutos_rtc<=30)){ //1era Dosis
    if(aliment384a=="FALTA384a"){
        if(clima=="DESPEJADO"&&nivel_DO=="OPTIMO"&&nivel_tolva>5){
            indicador='N'; llamada="ALIMENTAR384a"; } } }
if((hora_rtc==10&&minutos_rtc>=0)||(hora_rtc==11&&minutos_rtc<=0)){ //2da Dosis
    if(aliment384b=="FALTA384b"){
        if(clima=="DESPEJADO"&&nivel_DO=="OPTIMO"&&nivel_tolva>5){
            indicador='N'; llamada="ALIMENTAR384b"; } } }
if((hora_rtc==13&&minutos_rtc>=0)||(hora_rtc==14&&minutos_rtc<=0)){ //3da Dosis
    if(aliment384c=="FALTA384c"){
        if(clima=="DESPEJADO"&&nivel_DO=="OPTIMO"&&nivel_tolva>5){
            indicador='N'; llamada="ALIMENTAR384c"; } } }
if((hora_rtc==15&&minutos_rtc>=30)||(hora_rtc==16&&minutos_rtc<=30)){ //4da Dosis
    if(aliment384d=="FALTA384d"){
        if(clima=="DESPEJADO"&&nivel_DO=="OPTIMO"&&nivel_tolva>5){
            indicador='N'; llamada="ALIMENTAR384d"; } } } }

```