



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 16 de Mayo de 2017

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Christian Erick Arias Cuellar, con C.C. No. 1075239026,

Yurany Losada Córdoba, con C.C. No. 107523766,

_____, con C.C. No. _____,

_____, con C.C. No. _____,

autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o _____

titulado SISTEMA DE CONTROL PARA UN PROTOTIPO ACUAPONICO PORTABLE RECÍPROCO-RECIRCULANTE CON MONITOREO FUNCIONAL DESDE APLICACIÓN MOVIL ANDROID

presentado y aprobado en el año 2017 como requisito para optar al título de INGENIERO ELECTRONICO;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

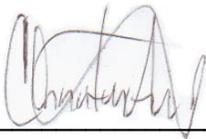
VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: 

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: Yorian Y losada Cordoba

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____



TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:

SISTEMA DE CONTROL PARA UN PROTOTIPO ACUAPONICO PORTABLE RECÍPROCO-RECIRCULANTE CON MONITOREO FUNCIONAL DESDE APLICACIÓN MOVIL ANDROID

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
ARIAS CUELLAR	CHRISTIAN ERICK
LOSADA CORDOBA	YURANY

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
MARTÍNEZ BARRETO	GERMAN EDUARDO

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
----------------------------	--------------------------

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO ELECTRONICO

FACULTAD: INGENIERIA

PROGRAMA O POSGRADO: INGENIERIA ELECTRONICA

CIUDAD: NEIVA - HUILA **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2017 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 79

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Vigilada mineducación



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 4
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

Diagramas x Fotografías x Grabaciones en discos ___ Ilustraciones en general x Grabados ___
 Láminas ___ Litografías ___ Mapas ___ Música impresa ___ Planos ___ Retratos ___ Sin ilustraciones ___
 Tablas o Cuadros x

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento: NINGUNO

MATERIAL ANEXO: AQuino_V3.APK (Aplicación Android)

PREMIO O DISTINCIÓN (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*): NINGUNO

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. <u>ARDUINO</u>	<u>ARDUINO</u>	8. <u>ACUAPONIA</u>	<u>ACUAPONY</u>
2. <u>ANDROID</u>	<u>ANDROID</u>	8. <u>HIDROPONIA</u>	<u>HYDROPONICS</u>
3. <u>OPEN SOURCE</u>	<u>OPEN SOURCE</u>	8. <u>CELDA SOLAR</u>	<u>SOLAR CELL</u>
4. <u>BLUETOOTH</u>	<u>BLUETOOTH</u>	8. <u>HISTERESIS</u>	<u>HYSTERESIS</u>
5. <u>RECIRCULACION</u>	<u>RECIRCULATION</u>	8. <u>BIOFILTRO</u>	<u>BIOFILTER</u>

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

Se ha implementado un sistema de automatización de los procesos de recirculación, recambio y conservación del nivel de agua para el prototipo acuaponico SA 50-2014 utilizando energía solar como fuente de alimentación.

Se realizan con la intención de disminuir la intervención del usuario en el prototipo en las actividades que requieren estar más pendiente en la labor de crianza de peces y plantas, además de lograr el uso en lugares donde no se tiene red de suministro de energía eléctrica; para ello utilizamos una tarjeta Arduino uno, y se adaptaron sensores de ultrasonido para determinar y controlar el nivel de agua y el recambio, una electrobomba utilizada para la recirculación del agua, desde el tanque de almacenamiento por el biofiltro, hasta la planta y llevándola finalmente de nuevo al tanque, controlada por un temporizador MT-848; otra electrobomba se encarga de posibilitar el vaciado del tanque cuando sea necesario y a



CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	3 de 4
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

través de una electroválvula conectada a una fuente de agua se controla el acceso del agua al tanque para mantener el nivel adecuado y realizar los recambios de agua. Todos estos elementos se alimentan por un inversor que transforma en AC la energía almacenada en tres baterías que se alimentan a través de un panel solar; logrando independencia en la alimentación del proceso automatizado.

Adicionalmente, se creó una aplicación móvil para Android mediante la cual, mediante una conexión Bluetooth con la tarjeta Arduino controlamos los recambios de agua de manera remota, con las limitaciones que esta tecnología ofrece.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

We have implemented a system of process automation recirculation, replacement and maintenance of the water level for a prototype aquaponic farming belonging to the Cooperative Acuacoop using solar energy as an independent power supply.

This automation is determined by customer needs, and are made with the intention of decreasing user intervention on the prototype in activities that require you to be more aware in the work of raising fish and plants, besides achieving use in where you do not have mains electricity; We use an Arduino one card, and ultrasonic sensors adapted to determine and control the water level and refill two pumps, one of 65 Watts used for recirculation of water, carrying water from the storage tank by the biofilter, until finally ground and bringing it back to a timer controlled by MT848 tank; another electric pump 35 watts handles enable emptying the tank when necessary and through a solenoid valve connected to a water source water access to the tank to maintain the proper level and perform water exchange is controlled. All these elements are fed connected to an inverter which is responsible for transforming the stored energy in AC three batteries that are powered by a solar panel; achieving independence in feeding the automated process.

Additionally, a mobile application for Android by which and through a Bluetooth connection to the Arduino board we control water refills remotely, with the limitations that this technology offers created.



CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	4 de 4
--------	--------------	---------	---	----------	------	--------	--------

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: German Eduardo Martínez Barreto

Firma:

Nombre Jurado: Diego Fernando Sendoya Losada

Firma:

Nombre Jurado: Johan Julián Molina Mosquera

Firma:

SISTEMA DE CONTROL PARA UN PROTOTIPO ACUAPONICO PORTABLE
RECÍPROCO-RECIRCULANTE CON MONITOREO FUNCIONAL DESDE
APLICACIÓN MOVIL ANDROID

YURANY LOSADA CÓRDOBA

Cód. 2007268570

CHRISTIAN ERICK ARIAS CUELLAR

Cód. 2006133924

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ELECTRÓNICA
NEIVA-HUILA

2016

SISTEMA DE CONTROL PARA UN PROTOTIPO ACUAPONICO PORTABLE
RECÍPROCO-RECIRCULANTE CON MONITOREO FUNCIONAL DESDE
APLICACIÓN MOVIL ANDROID

YURANY LOSADA CÓRDOBA

Cód. 2007268570

CHRISTIAN ERICK ARIAS CUELLAR

Cód. 2006133924

Proyecto de grado para optar
El título de Ingeniero Electrónico

Director:

German Martínez

Ingeniero Electrónico

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ELECTRÓNICA

NEIVA, HUILA

2017

Notas de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del primer jurado

Firma del segundo jurado

Neiva, 28 de Abril de 2017

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirnos culminar esta etapa de vida en compañía de familiares y amigos.

A nuestras familias que siempre fueron un apoyo de nuestro proceso de formación académica y moral.

Al Ingeniero German Martínez del presente proyecto, por su guía y entera disposición para orientarnos en el desarrollo del proyecto.

A la Cooperativa ACUACOOOP, por permitirnos usar sus instalaciones, por su acompañamiento y asesorías.

A todos los docentes del programa que durante el transcurso del proceso de nuestra formación, impartieron sus conocimientos de forma excelente.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	14
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2. JUSTIFICACION	17
3. OBJETIVOS	19
4. MARCO REFERENCIAL	20
4.1. ACUAPONIA	20
4.1.1. <i>Función</i>	20
4.2. COMPONENTES DEL SISTEMA DEL ACUAPONICO	21
4.2.1. <i>El tanque para cultivo de alevinos.</i>	21
4.2.2. <i>Bombas de agua.</i>	22
4.2.3. <i>El biofiltro</i>	24
4.2.4. <i>Sistema de solución nutritiva recirculante.</i>	25
5. SISTEMA PRODUCTIVO DE SEGURIDAD ALIMENTARIA DE ACUAPONIA URBANA SA50-2014.	26
5.1. ESTRUCTURA FISICA	27
5.1.1. <i>Unidades de Cultivo.</i>	27
5.1.2. <i>Sistema sanitario del prototipo.</i>	28
5.1.3. <i>Recambios de agua.</i>	28
5.1.4. <i>Cálculos de biomasa</i>	28
5.1.5. <i>Sistema de aireación (Opcional).</i>	29
5.1.6. <i>Sistema de filtración de sólidos</i>	29
5.1.7. <i>Sistema de filtración por acuaponía</i>	30
6. CONTROL MANUAL DEL PROTOTIPO SA50-2014	31
6.1. INTERRUPTORES DE CODILLO	33
6.2. BOMBA DE RECIRCULACIÓN DE AGUA	35
6.3. BOMBA DE VACIADO DE TANQUE.	37
6.4. ELECTROVÁLVULA PARA LLENADO DEL TANQUE	38
7. CONTROL TEMPORIZADO DEL PROTOTIPO SA50-2014	39
7.1. PROGRAMACIÓN DEL TEMPORIZADOR	40
7.1.1. <i>Programación inicial.</i>	40
7.1.2. <i>Ajustar Hora y Fecha.</i>	40
7.1.3. <i>Programación de Tiempos de encendido y apagados.</i>	41
7.2. RECOMENDACIONES	43
7.3. IMPLEMENTACIÓN DEL TEMPORIZADOR TM 848-1	43
8. CONTROL AUTOMÁTICO DEL PROTOTIPO SA50-2014	45
8.1. TARJETA DE DESARROLLO	45
8.1.1. <i>Arduino UNO.</i>	46

8.2.	PROGRAMACION.....	47
8.3.	CONEXIONES FÍSICAS E IMPLEMENTACIÓN.	50
9.	SISTEMA DE ENERGÉTICO	55
9.1.	ENERGÍA FOTOVOLTAICA.....	55
9.2.	PLANTA FOTOVOLTAICA	55
9.2.1.	<i>Diseño de la planta fotovoltaica</i>	56
9.2.2.	<i>Funcionamiento</i>	58
10.	DISEÑO DEL CONTROL ON – OFF CON HISTÉRESIS	63
10.1.	CONTROL ON-OFF CON HISTÉRESIS EN EL LLENADO DEL TANQUE.....	64
	CONCLUSIONES	71
	BIBLIOGRAFÍA	73
	ANEXOS	74

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. TANQUE PARA CULTIVO DE ALEVINOS (PROTOTIPO ACUACOOOP)	22
FIGURA 2. BOMBA ELECTRO SUMERGIBLE PARA RECIRCULACIÓN DE AGUA	23
FIGURA 3. TANQUE PARA FILTRAR EL AGUA O BIOFILTRO DEL PROTOTIPO ACUAPONICO. .	24
FIGURA 4. SISTEMA DE CULTIVO HIDROPÓNICO DE SOLUCIÓN NUTRITIVA RECIRCULANTE	25
FIGURA 5. SISTEMA PRODUCTIVO DE SEGURIDAD ALIMENTARIA DE ACUAPONÍA URBANA SA50-2014.....	27
FIGURA 6. CAJA DE CONTROL DEL PROTOTIPO SA50-2014	32
FIGURA 7. CIRCUITO ELÉCTRICO DEL SISTEMA DE CONTROL MANUAL.	33
FIGURA 8. INTERRUPTOR DE CODILLO.	34
FIGURA 9. BOMBA ELECTROSUMERGIBLE PARA RECIRCULACIÓN DE AGUA	36
FIGURA 10. BOMBA DE VACIADO DE TANQUE DE ENGORDE.	37
FIGURA 11. ELECTROVÁLVULA DE LLENADO DEL TANQUE.....	38
FIGURA 12. CIRCUITO ELÉCTRICO DEL SISTEMA DE CONTROL TEMPORIZADO	39
FIGURA 13. DIAGRAMA DE LA PROGRAMACIÓN INICIAL.	40
FIGURA 14. DIAGRAMA DE AJUSTE DE FECHA Y HORA.	40
FIGURA 15. DIAGRAMA DE CONFIGURACIÓN DE TIEMPOS DE ENCENDIDO Y APAGADOS.....	41
FIGURA 16. CONFIGURACIÓN DEL DÍA Y HORA DEL TEMPORIZADOR TM-848-1	42
FIGURA 17. FUNCIÓN RELOJ DEL TEMPORIZADOR TM-848-1.....	42
FIGURA 18. CAJA DE CONTROL PARA EL TEMPORIZADOR TM-848-1	44
FIGURA 19. CONEXIONES INTERNAS DEL SISTEMA DE CONTROL TEMPORIZADO.	44
FIGURA 20. PLACA DE ARDUINO UNO.	46
FIGURA 21. DIAGRAMA DE FLUJO DEL CONTROL DE LA ELECTROBOMBA DE RECIRCULACIÓN.	47
FIGURA 22. DIAGRAMA DE FLUJO DEL CONTROL DE VACIADO DEL TANQUE DE ENGORDE.	48
FIGURA 23. DIAGRAMA DE FLUJO DEL CONTROL DE LLENADO DEL TANQUE DE ENGORDE.	49
FIGURA 24. CONEXIONES FÍSICAS DEL CONTROL AUTOMÁTICO.	50
FIGURA 25. MODULO BLUETOOTH HC-06	51
FIGURA 26. SENSOR DE DISTANCIA DE ULTRASONIDO HC-SR04	52
FIGURA 27. INTERFAZ DE AQUINO V2.0.....	53
FIGURA 28. CAJÓN ELÉCTRICO DEL SISTEMA DE ACUAPONIA SA50-2014.....	54
FIGURA 29. FRAGMENTO DE MAPA DE BRILLO SOLAR – PROMEDIO MULTIANUAL DE COLOMBIA.	57
FIGURA 30. ESQUEMA GENERAL DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA.....	59
FIGURA 31. REGULADOR DE VOLTAJE HQRP-10A.....	60

FIGURA 32. INVERSOR ATD TOOLS 5950 200 WATT	61
FIGURA 33. DIAGRAMA DE CONTROL IMPLEMENTADO EN EL SISTEMA ACUAPONICO.....	64
FIGURA 34. GRAFICA DEL COMPORTAMIENTO DEL TANQUE EN ESTADO LLENO.	65
FIGURA 35. DISTANCIA ENTRE EL SENSOR DE ULTRASONIDO Y EL TANQUE EN ESTADO LLENO	65
FIGURA 36. BANDA MUERTA PARA GENERAR LA HISTÉRESIS DEL CONTROL ON-OFF.....	66
FIGURA 37. COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL NIVEL EN ESTADO LLENO.	67
FIGURA 38. RELACIÓN DE ALTURAS Y DISTANCIAS CON RESPECTO A LOS NIVELES DEL TANQUE.	70

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1. TIEMPOS DE RECAMBIOS DE AGUA.	28
TABLA 2. CALCULO DE BIOMASAS.	29
TABLA 3. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE UN INTERRUPTOR DE CODILLO.	34
TABLA 4. FUNCIONAMIENTO DE LOS INTERRUPTORES.	35
TABLA 5. CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA ELECTROSUMERGIBLE	36
TABLA 6. CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA PERIFÉRICA DE VACIADO	37
TABLA 7. CARACTERÍSTICAS DE LA ELECTROVÁLVULA DEL TANQUE	38
TABLA 8. ESPECIFICACIONES DEL TEMPORIZADOR TM-848-1	43
TABLA 9. CARACTERÍSTICAS DEL ARDUINO UNO.	46
TABLA 10. CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO BLUETOOTH HC-06	51
TABLA 11. CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR DE DISTANCIA ULTRASONIDO HC-SR04	53
TABLA 12. CONSUMO DE LOS ELEMENTOS UTILIZADOS EN EL SISTEMA DE ACUAPONÍA....	56
TABLA 13. CARACTERÍSTICAS DEL REGULADOR DE VOLTAJE HQRP-10A	60
TABLA 14. CARACTERÍSTICAS DEL INVERSOR ATD TOOLS 5950.....	62
TABLA 15. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO.	66
TABLA 16. RELACIÓN DE ALTURAS Y CAPACIDADES VOLUMÉTRICAS.....	69

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. DOCUMENTACIÓN DEL PROGRAMA ARDUINO:	74
ANEXO B. ESQUEMA DEL SISTEMA DE ACUAPONÍA SA50-2014.	75
ANEXO C. MANUAL DEL TEMPORIZADOR MT848-1	76
ANEXO D. CÓDIGO IMPLEMENTADO EN EL MICROCONTROLADOR ATMEL.....	77

GLOSARIO

ARDUINO: Es una plataforma de electrónica abierta para la creación de prototipos basadas en software y hardware flexibles y fácil de usar.

CO₂: Dióxido de carbono.

CULTIVO ACUAPONICO: es un cultivo donde se está produciendo dos tipos de alimentos, pez y hortalizas. Se le conoce como cultivo intensivo, por su pequeño tamaño y grandes producciones de alimento.

INTERFAZ DE USUARIO: es la página con la que el usuario va a interactuar directamente, normalmente es sencilla y contiene niveles de seguridad.

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers.

OPEN SOURCE: Expresión con la que se conoce al software distribuido y desarrollado libremente.

R.A.D: Desarrollo rápido de aplicaciones

BLUETOOTH: Modulo de transmisión inalámbrica, la cual transmite la información por radio frecuencia.

RESUMEN

Se ha implementado un sistema de automatización de los procesos de recirculación, recambio y conservación del nivel de agua para un prototipo de cultivo acuaponico perteneciente a la Cooperativa ACUACOOOP utilizando energía solar como fuente independiente de alimentación.

Esta automatización está determinada por las necesidades del cliente, y se realizan con la intención de disminuir la intervención del usuario en el prototipo en las actividades que requieren estar más pendiente en la labor de crianza de peces y plantas, además de lograr el uso en lugares donde no se tiene red de suministro de energía eléctrica; para ello utilizamos una tarjeta Arduino uno, y se adaptaron sensores de ultrasonido para determinar y controlar el nivel de agua y el recambio, dos electrobombas, una de 65 Watts utilizada para la recirculación del agua, transportando el agua desde el tanque de almacenamiento por el biofiltro, hasta las planta y llevándola finalmente de nuevo al tanque controlada por un temporizador MT-848; otra electrobomba de 35 watts se encarga de posibilitar el vaciado del tanque cuando sea necesario y a través de una electroválvula conectada a una fuente de agua se controla el acceso del agua al tanque para mantener el nivel adecuado y realizar los recambios de agua. Todos estos elementos se alimentan conectados a un inversor que se encarga de transformar en AC la energía almacenada en tres baterías que se alimentan a través de un panel solar; logrando independencia en la alimentación del proceso automatizado.

Adicionalmente, se creó una aplicación móvil para *ANDROID* mediante la cual y a través de una conexión *BLUETOOTH* con la tarjeta Arduino logramos controlar los recambios de agua de manera remota, con las limitaciones que esta tecnología ofrece.

PALABRAS CLAVES: *RECIRCULACION, ACUAPONIA, BLUETOOTH, ARDUINO.*

ABSTRACT

We have implemented a system of process automation recirculation, replacement and maintenance of the water level for a prototype aquaponic farming belonging to the Cooperative Acuacoop using solar energy as an independent power supply.

This automation is determined by customer needs, and are made with the intention of decreasing user intervention on the prototype in activities that require you to be more aware in the work of raising fish and plants, besides achieving use in where you do not have mains electricity; We use an Arduino one card, and ultrasonic sensors adapted to determine and control the water level and refill two pumps, one of 65 Watts used for recirculation of water, carrying water from the storage tank by the biofilter, until finally ground and bringing it back to a timer controlled by MT848 tank; another electric pump 35 watts handles enable emptying the tank when necessary and through a solenoid valve connected to a water source water access to the tank to maintain the proper level and perform water exchange is controlled. All these elements are fed connected to an inverter which is responsible for transforming the stored energy in AC three batteries that are powered by a solar panel; achieving independence in feeding the automated process.

Additionally, a mobile application for Android by which and through a Bluetooth connection to the Arduino board we control water refills remotely, with the limitations that this technology offers created.

KEYWORDS: RECYCLING, AQUAPONICS, BLUETOOTH, ARDUINO.

INTRODUCCION

Este proyecto se fundamenta en aplicar un método tecnológico como lo es la automatización, en donde se realiza una tarea, tratando de disminuir la intervención del usuario en un determinado proceso, optimizándolo de tal forma que sea más preciso y eficiente. Dicho método se aplica para cualquier proceso industrial y tecnológico; el cual en el presente proyecto se busca aplicar a un sistema acuaponico.

La acuaponía es un sistema sostenible de producción de alimentos que combina la acuicultura (cría de animales acuáticos) con la hidroponía (cultivo de plantas en agua) en un sistema simbiótico en el que las heces de los peces alimentan a las plantas y estas se encargan de filtrar el agua del acuario. Una forma de aplicar este sistema es mediante prototipos para fines académicos, la cual pretende investigar la varianza de producción de determinado cultivo y mediante el uso de sistemas electrónicos buscando la optimización de dicho proceso.

El sistema de automatización busca controlar los tiempos de circulación del agua del tanque donde habitan los peces, los cuales se encargan de producir materia fecal siendo una parte de esta utilizada como abono para el cultivo en producción. Por otro lado es necesario tener en cuenta que hay que realizar un proceso de filtración del agua sedimentada por heces, ya que solo son necesarias las heces diluidas en el agua el cual contiene los nutrientes requeridos, siendo desechado el componente pesado. Este recambio de agua se realiza en determinados tiempos que pueden variar dependiendo de los requerimientos del acuicultor que esté supervisando el proceso.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cómo poder mejorar un prototipo de acuaponía reciproco - recirculante mediante herramientas tecnológicas? para controlar el ciclo de trabajo que se requiere en este sistema

En la actualidad existe una gran variedad de técnicas agroalimentarias, las cuales buscan suplir la demanda de alimentos requerida por la sociedad; esto ha con llevado a que se produzcan grandes volúmenes de alimentos, provocando que la calidad de nutrientes disminuya. Siendo esto así, se han implementado métodos sostenibles de producción alimentaria en donde el fin principal es obtener alimentos de calidad con los mejores estándares nutricionales.

Es allí donde la acuaponía es una solución que contribuye tanto a la parte cualitativa como cuantitativa, debido al aprovechamiento nutricional para las plantas que contiene los desechos de los peces, evitando el uso de productos artificiales como abonos inorgánicos los cuales restan calidad a la producción alimentaria.

En la actualidad, la sobre explotación de los recursos naturales ha traído consigo un desgaste acelerado de los agentes productivos para la agricultura, como el agua, el suelo y las plantas, sin embargo existen aplicaciones tecnológicas tales como la hidroponía, el Biofloc, y los biofiltros, los cuales permiten que la producción de alimentos sea más amigable con el medio ambiente.

En los últimos años en el departamento del Huila, se ha notado el aumento del sector piscícola, conllevando al uso de herramientas tecnológicas para la optimización de producción.

Estos sistemas que anteriormente representaban un alto costo para el acuicultor, han cogido fuerza por la utilización en el mercado de materiales alternativos, y el acceso de tecnologías de sistematización, que permiten controlar el uso del agua, optimizando el desarrollo del cultivo de peces, y ahora permitiendo el acceso a cultivación de plantas, siendo así más rentable para este sector.

2. JUSTIFICACION

Debido al auge que hay en el desarrollo de sistemas acuaponico, es necesario desarrollar sistemas de automatización el cual permitan optimizar y controlar el proceso de producción de alimentos, siendo esto una innovación en tecnología alimenticia.

La instalación de sistemas acuaponicos es una alternativa para la utilización de pequeños espacios de manera eficiente, en donde se reducirá el uso de sustancias contaminantes y abonos inorgánicos, y se contribuirá a la optimización de los recursos hídricos y locativos.

El control de este sistema se determina mediante la temporización de la recirculación del agua con nutrientes para el riego de las plantas, el cual es el fundamento de la acuaponía. Por otro lado se debe determinar el cambio del sustrato de los peces, ya que se de mantener en condiciones apropiadas para su desarrollo conveniente.

La confiabilidad de este sistema de control determina el desarrollo eficiente del producto final que se busca, ya que deben crear condiciones ineludibles para el prototipo acuaponico, las cuales deben integrarse para aprovechar al máximo el potencial que tienen dentro de este proceso, de ahí la importancia que tiene incorporar nuevas tecnologías para innovar procedimientos que son realizados de otra manera en los sistemas hidropónicos.

Con el desarrollo experimental de un cultivo tanto de Tilapia Roja (*Oreochromis mossambicus*) y de hortalizas varias en un prototipo acuapónico, se pretende ayudar a los acuicultores de la región a reducir la utilización de abonos.

3. OBJETIVOS

3.1. GENERAL

Diseñar e implementar un sistema de automatización para un prototipo de acuaponía aplicado a un cultivo de Tilapia Roja (*Oreochromis mossambicus*) y de hortalizas varias.

3.2. ESPECIFICOS

- Implementar un sistema de control local de riego que sea multifuncional u operable por diferentes métodos.
- Calibrar los sensores de nivel a los puntos ideales de medición y acorde a las necesidades que indique el cliente.
- Diseñar un sistema de control electrónico a lazo cerrado utilizando una tarjeta de desarrollo con microcontrolador ATMEGA con software libre, acoplando sensores de nivel, para dar respuesta de activación a los actuadores finales, teniendo en cuenta la comunicación full-dúplex con aplicación móvil.
- Desarrollar una aplicación móvil para dispositivo con sistema operativo ANDROID.
- Establecer parámetros de temporización de recirculación de agua y nivel del tanque.
- Implementar un sistema de suministro eléctrico mediante el uso de energía solar.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. ACUAPONIA

Se conoce como acuaponía¹ al sistema sustentable de producción de plantas y peces que combina la acuicultura tradicional (cría de animales acuáticos) como lo son el pescado, el cangrejo de río y los camarones; con la hidroponía (cultivo de plantas en agua) en un medioambiente simbiótico. En la acuicultura los desechos biológicos se acumulan en el agua incrementando la toxicidad para los peces y otras especies acuáticas. Ésta agua es dirigida al sistema hidropónico donde es filtrado por las plantas que utilizan los nutrientes, dejando así el agua lista para ser recirculada hacia los animales. El término acuaponía es una contracción de las palabras "hidroponía" y "acuicultura".

Los sistemas acuaponicos varían en tamaño desde pequeñas unidades interiores o exteriores hasta grandes unidades comerciales que utilizan la misma tecnología. Los sistemas comúnmente contienen agua fresca, pero sistemas de agua salada también son factibles dependiendo en el tipo de animal acuático y en qué tipo de plantas pertenecen al sistema. La ciencia de la acuaponía puede considerarse que está en etapas tempranas.

4.1.1. Función

La acuaponía² consiste de dos partes principales: la acuicultura para criar animales acuáticos y la hidroponía para cultivar plantas. Los desechos acuáticos resultantes de alimentos no comidos o por criar animales como peces, se acumulan en el agua por el sistema cerrado de recirculación de la mayoría de los sistemas de acuicultura.

Las aguas de descarga ricas en efluentes y en altas concentraciones pueden ser tóxicas para los animales acuáticos, pero éstos (effluents) son nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Aunque primordialmente consiste de dos partes, los sistemas de acuaponía son comúnmente agrupados en diferentes componentes

¹ **AQUAHOY**, Portal de información en acuicultura, recuperado (23 de Junio de 2016) Fuente: <http://www.aquahoy.com/noticias/general/24731-curno-adquiere-equipo-para-trabajar-en-proyecto-de-acuaponia>

² **AQUAPONIA. RESILENCIA PARA EL SIGLO XXI**, HUB Fuerteventura recuperado (23 de junio de 2016 Fuente: <http://hubfuerteventura.co/blog/2015/8/7/aquaponia-resilencia-para-el-siglo-xxi>

o subsistemas responsables de la remoción efectiva de desechos sólidos, de añadir químicos base para la neutralización de ácidos, o de mantener el agua aireada y con oxígeno. Los componentes típicos incluyen:

- Tanque de crianza: el tanque donde crecen y se alimentan los peces;
- Remoción de sólidos: una unidad para quitar los alimentos no comidos y la biopelícula desprendida, para sedimentos finos;
- Bio-filtro: un lugar donde la bacteria de nitrificación puede crecer y convertir amoníaco en nitratos, que son usados por las plantas.
- Subsistemas hidropónicos: la parte del sistema donde las plantas crecen absorbiendo el exceso de nutrientes del agua;
- Sump: el punto más bajo del sistema donde el agua fluye y es bombeado de regreso a los tanques de crianza.
- Dependiendo en la sofisticación y costo del sistema acuapónico, las unidades de remoción de sólidos, la biofiltración, y/o los subsistemas hidropónicos pueden que sean combinados en una unidad o subsistema, lo que evita que el agua fluya directamente de la sección de acuicultura a la sección del sistema de hidroponía.

4.2. COMPONENTES DEL SISTEMA DEL ACUAPONICO.

4.2.1. El tanque para cultivo de alevinos.

El tanque³ para cultivar los peces es un componente indispensable en un sistema acuaponico. En este componente se desarrollarán los peces que se han escogido por lo que es necesario que sea de un material resistente, que sus dimensiones sean proporcionales al número y el tamaño de los peces. Asimismo, debe tomarse en cuenta que el área del tanque es más importante que su altura, pues los peces se desplazan más en forma horizontal que vertical.

Estos tanques pueden ser desde peceras de vidrio o acrílicas, barriles plásticos, tanques plásticos o piletas de concreto y el volumen puede variar desde pocos litros a varios metros cúbicos. Es esencial que el tanque no haya sido utilizado

³ **Ing. COLAGROSSO A**, 2014. *Instalación y manejo de sistemas de cultivo acuapónicos a pequeña escala*, Capítulo 2 pág. 11 Elementos de un sistema acuaponico. Recuperado (24 de Junio de 2016) Fuente: http://www.elfinancierocr.com/negocios/Manual-desarrollo-cultivo-acuaponico_ELFFIL20140113_0001.pdf

previamente para el transporte de sustancias tóxicas, ya que estas pueden seguir disolviéndose en el agua y comprometer la salud de los peces y el crecimiento de las hortalizas; además se aconseja que el contenedor a usar como tanque no sea de metal, pues el agua puede corroerlo formando herrumbre y perjudicando a los peces.

Figura 1. Tanque para cultivo de alevinos (Prototipo ACUACOOOP)



Fuente: Fotografía tomada en la empresa BIO-FABRICAS S.A.S

4.2.2. Bombas de agua.

La bomba de agua⁴ es el motor del sistema acuaponico, dirige el agua desde el tanque de los peces a los cultivos hidropónicos y de estos la reenvía de vuelta al tanque en un sistema cerrado de recirculación. La circulación del agua generada

⁴ **Ing. COLAGROSSO A**, 2014. *Instalación y manejo de sistemas de cultivo acuapónicos a pequeña escala*, Capítulo 2 pág. 13 Elementos de un sistema acuaponico. Recuperado (24 de Junio de 2016)

por la bomba, garantiza que las plantas y las bacterias reciban sus nutrientes, de esta forma se filtra y mejora la calidad del agua que los peces recibirán una vez que el agua complete su recorrido al regresar al tanque.

La bomba de agua se activa manualmente o a través de un “timer” el cual se programa según las necesidades y características del sistema. El mercado ofrece una gran variedad de bombas de agua, desde sumergibles o externas, de diferentes potencias, caudales y alturas máximas de bombeo, por lo que la escogencia del tipo de bomba dependerá de las particularidades del sistema acuaponico, esto es, número de tanques y camas, distancia entre estos, etc; no pudiendo generalizarse la forma de elegir la bomba adecuada.

Figura 2. Bomba Electro sumergible para recirculación de agua



Fuente: <http://bombasdeaguasumergibles.com/bombas-de-agua-sumergibles-para-peceras/>

4.2.3. El biofiltro

Es un contenedor que alberga materiales porosos como piedra, esponjas o bio-bolas. Las bio-bolas son elementos plásticos diseñados para ofrecer una considerable superficie a las bacterias y actuar como filtro mecánico al recoger las partículas en suspensión. El biofiltro⁵ sirve para albergar las bacterias nitrificadoras (*Nitrosomonas* sp. y *Nitrobacter* sp.) que convierten el amonio (molécula presente en las excretas de los peces) en nitrito y luego este en nitrato. El amonio y el nitrito son perjudiciales para los peces y en altas concentraciones pueden producir la muerte, pero el nitrato es menos tóxico para los peces y más aprovechable para las plantas. Es un componente opcional en aquellos sistemas acuapónicos que usan camas con sustratos sólidos, pero resulta indispensable para los sistemas de raíz flotante o los de solución nutritiva recirculante (N.F.T.).

Figura 3. Tanque para filtrar el agua o Biofiltro del prototipo acuapónico.



Fuente: Fotografía tomada en la empresa BIO-FAFRICAS S.A.S

⁵ **Ing. COLAGROSSO A**, 2014. *Instalación y manejo de sistemas de cultivo acuapónicos a pequeña escala*, Capítulo 2 pág. 15 Elementos de un sistema acuapónico. Recuperado (24 de Junio de 2016) http://www.elfinancierocr.com/negocios/Manual-desarrollo-cultivo-acuaponico_ELFIL20140113_0001.pdf

4.2.4. Sistema de solución nutritiva recirculante.

Es el sistema de cultivo hidropónico⁶ más utilizado a nivel comercial, en la producción a gran escala es de alta eficacia, pero al mismo tiempo es el más complejo y costoso. Para el correcto funcionamiento de este sistema se necesita de un tanque para almacenar la solución nutritiva, un sistema automatizado de bombeo y de un sistema de tubos interconectados a los cuales se le han realizados orificios para asentar las canastitas que contendrán las plantas.

Figura 4. Sistema de cultivo hidropónico de solución nutritiva recirculante



Fuente: Fotografía tomada del prototipo móvil de acuaponía en la empresa BIO-FABRICAS S.A.S

Es el único sistema hidropónico donde el agua recircula: sale del tanque, se distribuye a las plantas para luego regresar nuevamente al tanque. Para su uso como sistema acuaponico, es necesario añadir un biofiltro al igual que en el sistema de raíz flotante, porque también carece del sustrato sólido en el que pueden albergarse las bacterias nitrificadoras.

⁶ **Ing. COLAGROSSO A**, 2014. *Instalación y manejo de sistemas de cultivo acuaponicos a pequeña escala*, Capitulo 2 pág. 20 Elementos de un sistema acuaponico. Recuperado (24 de Junio de 2016) http://www.elfinancierocr.com/negocios/Manual-desarrollo-cultivo-acuaponico_ELFIL20140113_0001.pdf

5. SISTEMA PRODUCTIVO DE SEGURIDAD ALIMENTARIA DE ACUAPONIA URBANA SA50-2014.

El SA50/2014 es un prototipo casero diseñado con medidas de (2m x 2m x 1,30m) el cual está en la capacidad producir 50 kg de pescado (Tilapia) y 100 unidades de plantas (Lechuga) en un tiempo mínimo de 5 meses aproximadamente. El prototipo está compuesto, por una unidad de cultivo de peces (Tanque de siembra de peces), una unidad de cultivo de plantas (Tubos de siembra de plantas), una bomba electrosumergible, una bomba periférica, un sistema de alimentación con energía convencional y solar, y una estructura metálica modular.

El sistema funciona gracias a una bomba electrosumergible, la cual está alimentada por energía solar; esta es la encargada de transportar el agua del tanque de peces (caldo nutritivo) a los tubos de siembra de plantas, las cuales harán las veces de biofiltro por medio de sus raíces; aquí las raíces se alimentarán y se encargarán de limpiar los sólidos disueltos y suspendidos, para que el agua vuelva en óptimas condiciones al tanque de los peces. Para garantizar que esta agua este en buenas condiciones se debe recircular el agua cada vez que se alimenten los peces es decir alrededor de 3 veces al día, de igual forma se debe evacuar los sólidos sedimentables para evitar que se acumulen residuos que terminan convirtiéndose tóxicos para los peces y puede poner en riesgo la producción.

Como hemos ido mencionando los Sistemas de Recirculación Acuícola⁷ utilizan mínimos recambios de agua y altas densidades de producción para así aprovechar al máximo el espacio y el agua requerida. La acuaponía es un sistema de recirculación en el que se utilizan plantas como filtros de nitrógeno para las descargas de la actividad acuícola, obteniendo así un *doble beneficio*, el de filtrar el agua de los peces y el de obtener un subproducto que aumenta la rentabilidad de la empresa. Aunado a esto, los productos que se obtienen de éste sistema son muy saludables ya que no contienen fertilizantes químicos ni pesticidas.

⁷ QUIÑONES J. 2014. "Ficha Técnica sistema productivo seguridad alimentaria acuaponía urbana sa50-2014". Pag.1-4. Recuperado (26 de Junio de 2016).

5.1. ESTRUCTURA FISICA

Basados en estos conceptos, se ha construido un prototipo de seguridad alimentaria de acuaponía urbana denominado por la serie SA50-2014, el cual está elaborado por materiales convencionales como lo son el acero y el hierro para su soporte estructural y de plástico o polietileno para los tanques. Esta estructura ocupa un área de alrededor de 9 m² (3m x 3m) como lo muestra figura 5.

5.1.1. Unidades de Cultivo.

La unidad de cultivo de engorde de la tilapia se llevará a cabo en un (1) Tanque circular de geo membrana de 1.30 m de diámetro x 1.2 m de altura y una profundidad de agua de 1.0 m.

El tanque de engorda, será construido con geo membrana 100% virgen HDPE cal 40 de 1 mm de espesor, con uniones termo fusionadas a doble costura y soldadura por extrusión. La estructura será de malla de acero electro soldada y galvanizada, reforzada con postes tubulares galvanizados con tapón plástico y fleje de acero.

Figura 5. Sistema productivo de seguridad alimentaria de acuaponía urbana SA50-2014.



Fuente: Fotografía tomada en la instalaciones de la empresa BIO-FABRICAS S.A.S

5.1.2. Sistema sanitario del prototipo.

La unidad de siembra de peces, es un tanque cilíndrico de capacidad de 1000L, el cual tiene una salida de drenaje de 1" por su parte lateral inferior, y que a su vez se encuentra acoplada con una bomba periférica que sirve como apoyo para el desagüe del tanque. Esta bomba tiene la función de vaciar el tanque en algunas contingencias que se puedan presentar en la etapa de producción.

5.1.3. Recambios de agua.

A continuación se presenta una tabla con los recambios máximos de agua que el sistema pueda presentar en su etapa de producción:

Tabla 1. Tiempos de recambios de agua.

Recambios de Agua

<i>Etapa</i>	Recambio Máximo %	Tiempo en uso aprox %	Recambio Total Max m3	Flujo L/min en 24 hrs	Flujo L/Seg en 24 hrs	Flujo gpm en 24 hrs
<i>Engorde Tilapia</i>	1.5	100	0.0465	0.031	0.0005425	0.008525

Fuente: QUIÑONES J. 2014. "Ficha Técnica sistema productivo seguridad alimentaria acuaponía urbana SA50-2014".

El consumo total de agua del componente acuícola, cuando el sistema se encuentre al 100% de su capacidad, será de aproximadamente de 16 Litros que corresponden al 1.5% del volumen total y para lo cual se requiere de un caudal de aproximadamente 0.031 litros por minuto durante las 24 horas o su equivalente.

5.1.4. Cálculos de biomasa

A continuación se presenta la tabla de Biomasa para la etapa de producción en el engorde de la tilapia.

Tabla 2. Calculo de biomاسas.

Calculo de biomاسas

<i>Etapa</i>	Densidad(org./m ³)	Gr/org.	Peces/tanque	Kg/m ³	Kg/Tanque
<i>Engorda Tilapia</i>	100	250	100	25	25

Fuente: QUIÑONES J. 2014. “*Ficha Técnica sistema productivo seguridad alimentaria acuaponía urbana SA50-2014*”.

Este sistema manejará una densidad máxima de 25 kg/m³, que resulta ser intensiva, y que corresponde a 100 organismos por metro cúbico a una talla de 250 gramos.

Este sistema pretende tener una producción de 25 kilogramos tanque, por lo que se busca una cosecha cada 4 meses que corresponden a 75 kg/tanque/año de producto entero vivo. Que equivale a 250 gramos de pescado diarios durante un año.

5.1.5. Sistema de aireación (Opcional).

El sistema de aireación para surtir la demanda, se realizará de diversas formas. En la etapa de levante, se utilizará un sistema de aireación a base de soplador regenerativo regulado con un variador de velocidad. Este sistema será compartido junto con el componente de acuaponía de tal manera que el uso de la energía sea eficaz.

Este Soplador regenerativo utilizará como difusor de aire un sistema de manguera porosa que permita distribuir la aireación por toda la unidad de cultivo. Este difusor proveerá burbujas de 3.0 mm de diámetro a una capacidad de 1.16 pies cúbicos por minuto por metro lineal, de tal manera que se cubra la demanda de los organismos y se genere movimiento necesario para desplazar los sólidos del sistema.

5.1.6. Sistema de filtración de sólidos

Sólidos Sedimentables:

El componente de recirculación se realizará por un sistema de acuaponía que brindará estabilidad al sistema y beneficios en cuanto a la reducción de la cantidad

de alimento, energía y agua que se requiere aportar. Además, brindará un sub-producto de alto valor en el mercado.

El sistema constará de sedimentadores cilíndrico los cuales tendrán un flujo aproximado de 8 litros por segundo. De estos sedimentadores se obtienen los sólidos más pesados y se pueden utilizar como abono.

Mineralización de Sólidos:

El agua posteriormente será mineralizada con malla de polietileno de 3/8", en la cual se retendrán por adhesión algunos sólidos disueltos y se liberarán micro elementos al sistema. De la misma manera existirá una producción de amonio, dióxido de carbono y metano, mismos que serán des gasificados en el componente hidropónico.

5.1.7. Sistema de filtración por acuaponía

El agua cargada de amoniaco y otros microelementos, llegará a 8 tubos de 3", en los cuales estarán flotando, donde se cultivarán diversas plantas hidropónicas que removerán el nitrógeno amoniacal y los demás elementos. En este proyecto se considera una producción de planta de bajo porte como es la *lechuga*, *acelga*, *albahaca*, entre otros. Por lo anterior se utilizará una técnica de producción hidropónica en balsa o "deep pool technique", en la cual las plantas se encuentran completamente flotando sobre balsas de Poli estireno o Icopor de alta densidad, y sus raíces completamente sumergidas en el agua.

En este proyecto se espera una producción arriba de 600 piezas de planta de bajo porte al año, tomando como referencia la producción de lechuga. Las cosechas se realizarán de manera semanal.

6. CONTROL MANUAL DEL PROTOTIPO SA50-2014

El control⁸ de un sistema se efectúa mediante un conjunto de componentes mecánicos, hidráulicos, eléctricos y/o electrónicos que, interconectados, recogen información acerca del funcionamiento, comparan este funcionamiento con datos previos y, si es necesario, modifican el proceso para alcanzar el resultado deseado. Este conjunto de elementos constituye, por lo tanto, un sistema en sí mismo y se denomina sistema de control.

Teniendo en cuenta lo anterior, podemos decir que existen a su vez una gran variedad de tipos de control que son aplicables a cualquier clase de sistema. El prototipo SA50-2014 maneja 3 tipos de control que han sido denominados de la siguiente manera:

1. Sistema Manual.
2. Sistema Temporizado.
3. Sistema Automático.

En este capítulo hablaremos sobre el funcionamiento, estructura y demás elementos que conforman al *sistema manual*, para esto debemos indicar que hablamos de control manual siempre y cuando exista la presencia y la intervención de una persona en la acción de controlar y regular el comportamiento del sistema. Esta persona participa en forma activa, registrando la inspección a través de sus sentidos corporales tales como la vista, el olfato, etc., y que a partir de estos sentidos actúa con sus manos u otra parte del cuerpo para así de esta manera llevar al sistema hacia los valores normales.

Este sistema manual consiste en una serie de interruptores y selectores de accionamiento que están acoplados a los demás sistemas de control de forma paralela con el fin de poder ejercer su funcionamiento de forma independiente.

La siguiente figura muestra la caja de control del prototipo SA50-2014 con sus respectivos comandos de operación, en los que podemos encontrar los selectores

⁸ CASTIÑEIRA. 2014 Sistemas de control, Educación técnica. Recuperado (01 de Julio de 2016)
Fuente: <http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/sistemadecontrol/index%20sistemasdecontrol.htm>

de control, y los interruptores manuales para vaciado y llenado del tanque de engorde de la tilapia.

Figura 6. Caja de control del prototipo SA50-2014



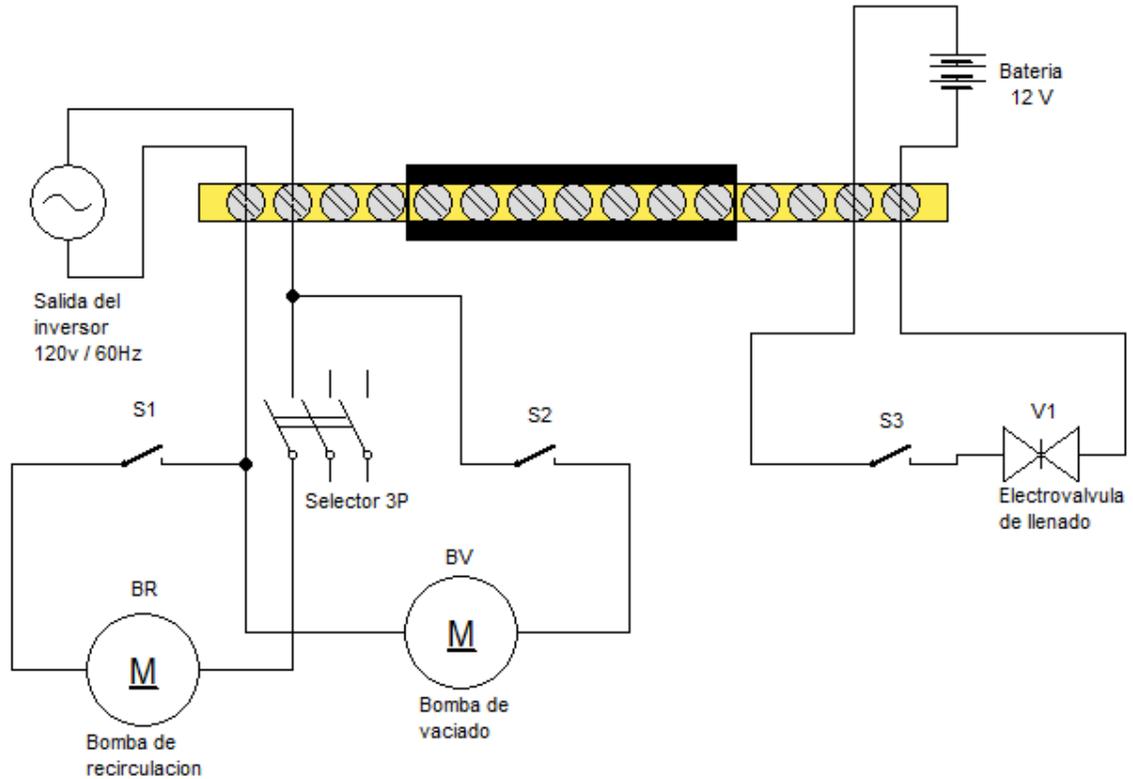
Fuente: Fotografía tomada en las instalaciones de BIO-FABRICAS S.A.S

El sistema de control manual permite realizar tres (3) operaciones fundamentales, las cuales son requeridas para el buen funcionamiento de un procedimiento acuaponico, estas operaciones deben ser las siguientes:

- a. Recirculación de agua.
- b. Vaciado de tanque para el engorde de tilapia.
- c. Llenado de tanque para el engorde de tilapia

Para esto se realizó un diseño eléctrico de tal manera que pudiera cumplir las tareas u operaciones, el siguiente diagrama muestra un esquema de su respectivo funcionamiento.

Figura 7.Circuito eléctrico del sistema de control manual.



Este diseño eléctrico contiene tres interruptores de codillo denominados S1, S2, S3, un selector de tres posiciones denominado 3P, una bomba electrosumergible para la recirculación de agua representada con BR y una bomba periférica para el vaciado del tanque de engorde cuando sea necesario los recambios de agua con la etiqueta BV, por ultimo tenemos la electroválvula de llenado V1 y la alimentación del circuito a través de un inversor y una batería de 12v.

El funcionamiento de este circuito de control manual esta descrito en la tabla 4, la cual explica de forma explícita el trabajo de cada interruptor de codillo S1, S2 y S3.

6.1. INTERRUPTORES DE CODILLO.

Un interruptor⁹ eléctrico es un dispositivo que permite desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica. Estos consisten en consiste en dos contactos de metal

⁹ Interruptor de codillo. 2016. Recuperado (01 de Julio de 2016) Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Interruptor>

inoxidable y el actuante. Los contactos, normalmente separados, se unen mediante un actuante para permitir que la corriente circule.

Figura 8. Interruptor de codillo.



Fuente: <http://www.electricasbc.com/detalles/de-codillo/1993-31021>

La siguiente tabla muestra las características eléctricas de los interruptores de codillo usados:

Tabla 3. Características eléctricas de un interruptor de codillo.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

<i>Marca</i>	<i>EBCHQ</i>
<i>Numero de polos</i>	1
<i>Posiciones</i>	ON / OFF
<i>Capacidad</i>	15 A / 220VAC
<i>Numero de tornillos</i>	2
<i>Origen</i>	CHINA

Fuente: <http://www.electricasbc.com/detalles/de-codillo/1993-31021>

Las funciones de estos interruptores consiste encender o apagar los actuadores del sistema acuaponico de la siguiente manera:

Tabla 4. Funcionamiento de los interruptores.

INTERRUPTOR	FUNCIONAMIENTO
S1	Encendido y Apagado de la bomba de recirculación de agua.
S2	Encendido y Apagado de la bomba de vaciado del tanque
S3	Encendido y Apagado de la electroválvula de llenado del tanque.

6.2. BOMBA DE RECIRCULACIÓN DE AGUA

La bomba de agua¹⁰ es el motor del sistema acuaponico, dirige el agua desde el tanque de los peces a los cultivos hidropónicos y de estos la reenvía de vuelta al tanque en un sistema cerrado de recirculación. La circulación del agua generada por la bomba, garantiza que las plantas y las bacterias reciban sus nutrientes, de esta forma se filtra y mejora la calidad del agua que los peces recibirán una vez que el agua complete su recorrido al regresar al tanque.

Las bombas de agua sumergibles¹¹, como su propio nombre indica, son una maquinaria que se introduce en el agua y ella sola se ocupa de pasar el agua por los filtros de su interior. Se le puede dar varias utilidades como son la de filtrar el agua para limpiarla, como por ejemplo la de piscina, así como para vaciar un pequeño estanque en el jardín, la piscina o una zona inundada. Estas bombas sumergibles pueden ser totalmente automáticas o tener un sistema de detención manual; las que son automáticas, constan con una especie de flotador que hay que

¹⁰ Ing. COLAGROSSO A, 2014. *Instalación y manejo de sistemas de cultivo acuaponicos a pequeña escala*, Capitulo 2 pág. 20 Elementos de un sistema acuaponico. Recuperado (24 de Junio de 2016) http://www.elfinancierocr.com/negocios/Manual-desarrollo-cultivo-acuaponico_ELFFIL20140113_0001.pdf

¹¹ BIG SEO. *Bombas de aguas sumergibles*. 2015. Recuperado (25 de Junio de 2016) Fuente : <http://bombasdeaguasumergibles.com/>

mantener por encima del nivel del agua, y en cuanto calcula que la extracción de la misma ha llegado a cierto límite, detiene el aparato. Por el contrario, las que tienen sistema de *detención manual* es la propia persona quien tiene que pulsar el botón de detención para que no se siga drenando más el agua.

Figura 9. Bomba Electrosumergible para recirculación de agua



Fuente: <http://bombasdeaguasumergibles.com/bombas-de-agua-sumergibles-para-peceras/>

Tabla 5. Características de la Bomba Electrosumergible

Características de la Bomba Electrosumergible

<i>Rendimiento de la bomba</i>	46L/min
<i>Altura de bombeo</i>	3,7m
<i>Consumo Eléctrico</i>	65W (120VAC, 0,5A)
<i>Conexión / rosca lado entrada</i>	28 mm de diámetro / G3/4"
<i>Conexión / rosca lado salida</i>	28 mm de diámetro / G3/4"
<i>Medidas</i>	16.1 cm largo x 21.8 cm ancho x 11.6 cm alto
<i>Longitud del cable</i>	1,7m

Fuente: <http://www.tiendanimal.es/eheim-bomba-agua-para-acuarios-estanques-universal-p-6756.html>

Esta bomba electrosumergible se escogió con las características anteriores, debido a que la altura de bombeo es de 3,7m lo cual nos permite sin ningún problema enviar agua a la unidad de cultivo de plantas, que se encuentra a una altura de 1,60m, además el consumo de potencia eléctrica de esta bomba es bajo (65W) permitiéndonos ahorrar energía. Es importante recordar que este prototipo es modular, lo que quiere decir que se puede expandir o aumentar la capacidad en las unidades de cultivos.

6.3. BOMBA DE VACIADO DE TANQUE.

Esta bomba tiene como fin hacer los recambios de agua cuando se requiera, ya que permite realizar el desagüe total o parcial del tanque de engorde de la tilapia, sin embargo su uso o ejecución no va hacer muy habitual ya que este sistema acuaponico tiene como principio la preservación del recurso hídrico.

Figura 10. Bomba de vaciado de tanque de engorde.



Fuente: <http://www.digitalpluschile.cl/producto/bombas-de-agua-lavadoras/>

Tabla 6. Características de la bomba periférica de vaciado

Características de la Bomba Electrosumergible

<i>Rendimiento de la bomba</i>	15L/min
<i>Altura de bombeo</i>	2,0m
<i>Consumo Eléctrico</i>	35W (120VAC, 0,3A, 60Hz)
<i>Longitud del cable</i>	1,0m

Fuente: <http://www.digitalpluschile.cl/producto/bombas-de-agua-lavadoras/>

Esta bomba periférica de vaciado se escogió por su rendimiento y su bajo consumo de potencia eléctrica; su rendimiento es ideal para este tipo de trabajo, debido al tiempo en que tarda en desocupar el tanque de cultivo de tilapia, que es de alrededor de una hora, es decir, que la función de vaciado no va resultar vertiginosa.

6.4. ELECTROVÁLVULA PARA LLENADO DEL TANQUE

Para habilitar la operación de llenado del tanque de engorde de Tilapia en los momentos de recambio de agua, se ha colocado una electroválvula en la parte superior del tanque, esto con el fin de controlar la apertura y cierre de la entrada de agua del sistema acuaponico.

Tabla 7. Características de la electroválvula del tanque

Características de la electroválvula

<i>Consumo eléctrico</i>	4,8W (12VDC, 250mA)
<i>Rango de presión</i>	0,02-0,8Mpa
<i>Diámetro de la rosca</i>	G3/4"
<i>Longitud de rosca</i>	17mm

Fuente: [https://www.sparkfun.com/datasheets/Robotics/Aqua%20Tech%](https://www.sparkfun.com/datasheets/Robotics/Aqua%20Tech%20Solenoid)

Esta electroválvula es normalmente cerrada. Para el control de paso de agua o líquidos de baja viscosidad, y maneja una presión de 0 - 0.8 MPa, 4.8W, y funciona a una alimentación de 12Vdc.

Figura 11.Electroválvula de llenado del tanque.



Fuente:

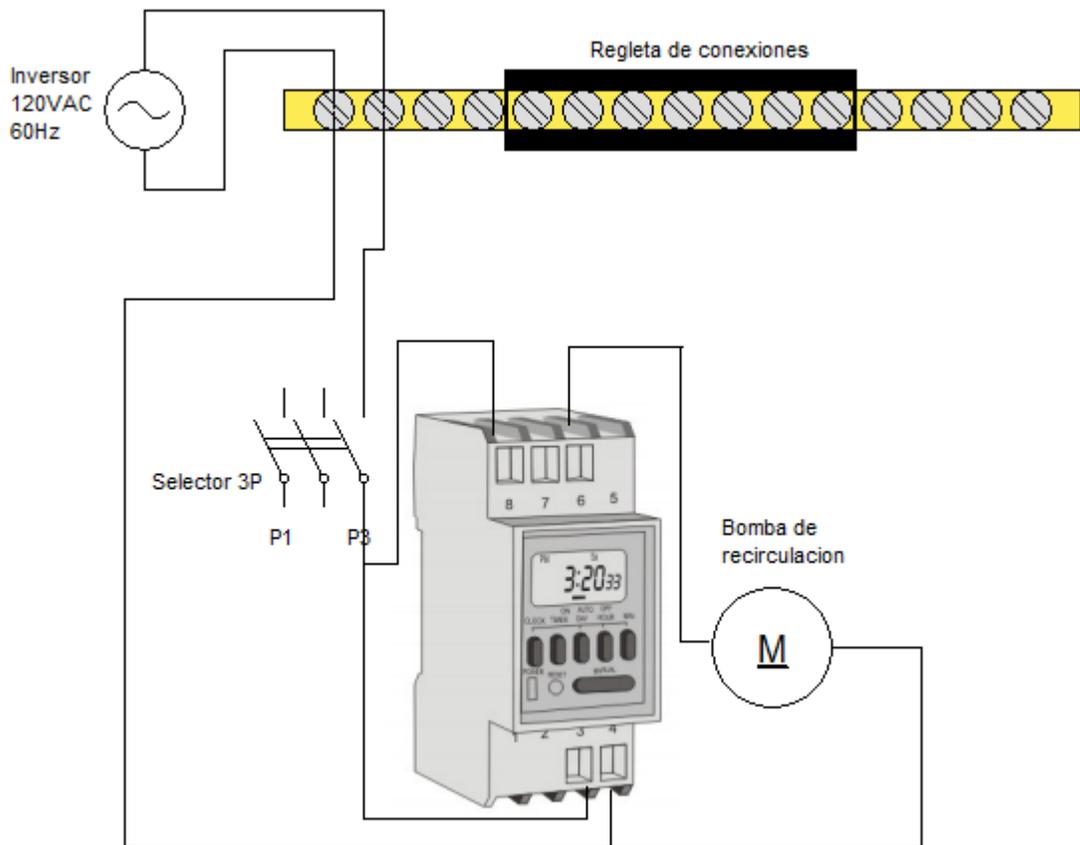
<https://www.sparkfun.com/datasheets/Robotics/Aqua%20Tech%20Solenoid>

7. CONTROL TEMPORIZADO DEL PROTOTIPO SA50-2014

Como hemos ido mencionando, nuestro proyecto cuenta con 3 tipos de sistemas de control para la bomba de recirculación de agua, el primer sistema lo hemos descrito como un sistema manual donde una persona realiza las operaciones de funcionamiento según su criterio profesional. Ahora, en este capítulo describiremos como a través de un “TIMER DIGITAL” podemos realizar un control de temporizado del sistema acuaponico SA50-2014 el cual se programa según las necesidades y características del sistema.

El siguiente diagrama muestra el esquema del circuito eléctrico implementado en el sistema acuaponico SA50-2014

Figura 12. Circuito eléctrico del sistema de control temporizado

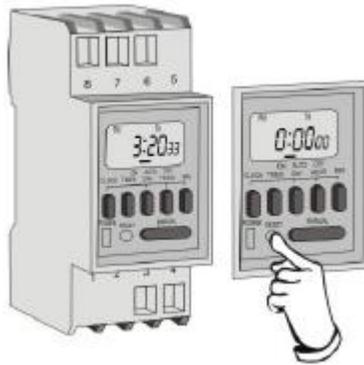


7.1. PROGRAMACIÓN DEL TEMPORIZADOR

7.1.1. Programación inicial.

Cuando por primera vez se programa el equipo o se van a cambiar totalmente las 8 programaciones de OFF/ON se deberá borrar lo almacenado en memoria pulsando el botón “RESET” del panel frontal.

Figura 13. Diagrama de la programación inicial.

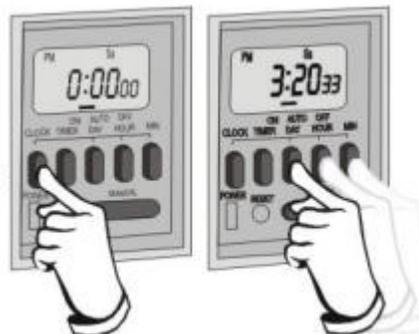


Fuente: http://www.electricasbogota.com/pdf/78191_92.pdf

7.1.2. Ajustar Hora y Fecha.

Mantenga oprimida el botón “CLOCK” y seguidamente sin dejar de oprimir pulse el botón “DAY” hasta ajustar el día actual, luego pulse el botón “HOUR” y “MIN” hasta ajustar la hora actual.

Figura 14. Diagrama de ajuste de Fecha y Hora.

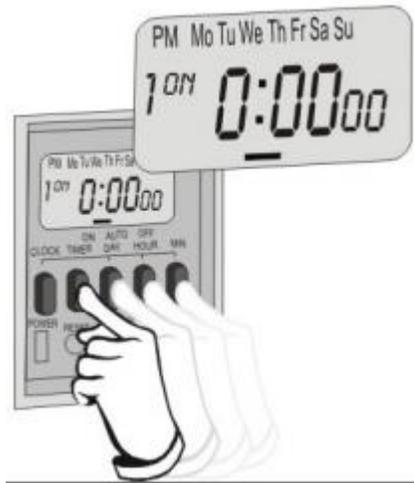


Fuente: http://www.electricasbogota.com/pdf/78191_92.pdf

7.1.3. Programación de Tiempos de encendido y apagados.

Pulse el botón “TIMER”¹² para ingresar al menú de programación; en este se visualizará paso a paso las 8 programaciones de encendido y apagado que se pueden memorizar. En principio visualizará la primera programación de encendido (1 ON) para lo cual deberán pulsar los botones “DAY”, “HOUR” y “MIN” y así se ajustará el día o los días en que usted quiera que el contacto de salida cambie de estado.

Figura 15. Diagrama de configuración de tiempos de encendido y apagados

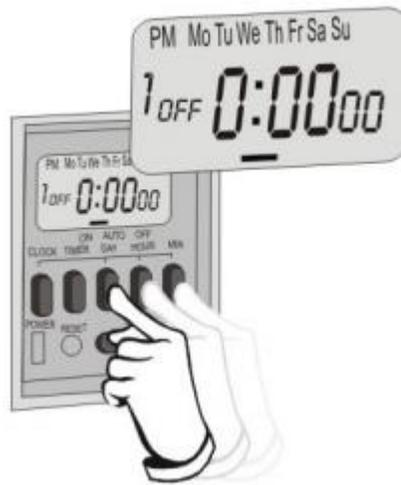


Fuente: http://www.electricasbogota.com/pdf/78191_92.pdf

Seguidamente después de haber ajustado el horario de encendido (1 ON), oprima el botón “TIMER” para visualizar la primera opción de apagado (1 OFF) para lo cual de igual forma pulsará los botones “DAY”, “HOUR” y “MIN” y así ajustará el día o los días en los que usted quiera que el contacto de salida vuelva a su estado original; de esta manera el equipo ya habrá memorizado la primera programación de ON – OFF, si desea efectuar más programaciones deberá pulsar nuevamente el botón “TIMER” y repetir el procedimiento anterior pulsando los botones “DAY”, “HOUR” y “MIN” hasta copar las 8 programaciones según sea el caso.

¹² Manual de configuración del temporizador EBCHQ Modelo TM-848-1 Recuperado (1 de Agosto de 2016) Fuente: http://www.electricasbogota.com/pdf/78191_92.pdf

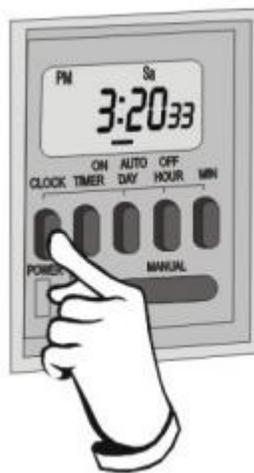
Figura 16. Configuración del día y hora del temporizador TM-848-1



Fuente: http://www.electricasbogota.com/pdf/78191_92.pdf

Cuando haya terminado de memorizar las programaciones de encendido y apagado, pulse el botón “CLOCK” para volver a la pantalla principal. Si desea modificar la hora de cualquiera de las programaciones, bastará con pulsar el botón “TIMER” y ubicar la programación que requiere cambiar, después de ubicada pulsará los botones “DAY”, “HOUR” y “MIN” hasta ajustar el horario deseado, seguidamente pulsará el botón “CLOCK” para volver a la pantalla principal.

Figura 17. Función reloj del temporizador TM-848-1



Fuente: http://www.electricasbogota.com/pdf/78191_92.pdf

7.2. RECOMENDACIONES

La tecla “MANUAL” se utilizará para efectuar el encendido y apagado manualmente para lo cual usted pulsará hasta que el piloto “POWER” se encienda y se apague según sea el caso, de igual forma se podrá visualizar en la pantalla el desplazamiento del cursor hacia los distintos estados. Si desea que el equipo funcione con la programación que usted le ha ingresado en memoria, se recomienda pulsar la tecla “MANUAL” hasta que el cursor quede en la posición de “AUTO” no sin antes haber pasado primero por la posición de estado “OFF”.

Tabla 8. Especificaciones del temporizador TM-848-1

Especificaciones del TM-848-1

<i>Tensión de alimentación</i>	125VAC
<i>Frecuencia</i>	45-60Hz
<i>Salida</i>	Conmutable NA+NC
<i>Consumo de Potencia</i>	7VA
<i>Precisión de reloj</i>	<1 seg/dia a 20°C
<i>Capacidad de contacto</i>	16 A 120AC/240AC
<i>Mínimo tiempo de operación</i>	1 Minuto
<i>Precisión de encendido</i>	1 Minuto
<i>Temperatura de trabajo</i>	-10°C – 55°C

Fuente: http://www.king-ielec.com.tw/all/spec_sheets/tm/848.html

Este temporizador se escogió, por su versatilidad y precisión de reloj, ya que cuenta con ocho (8) diferentes modos de programación, para encendido y apagado de salidas a 120/240VAC; como las temporizaciones de recirculación del sistema son programadas por el técnico acuicultor, este módulo TM848-1 permite cambiar su programación de forma muy fácil y sencilla. Por otro lado, la precisión de este módulo es muy eficaz ya que cuenta con reloj digital incorporado.

7.3. IMPLEMENTACIÓN DEL TEMPORIZADOR TM 848-1

La implementación de este dispositivo se realizó como un circuito alterno o en paralelo a la función de control manual, por tal motivo se logra observar en la

siguiente figura que el temporizador se encuentra por fuera del tablero de control principal pero con conexión directa a este.

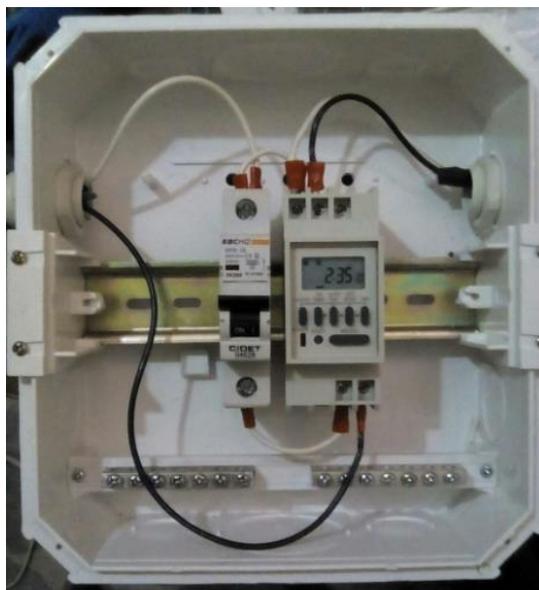
Figura 18. Caja de control para el temporizador TM-848-1



Fuente: Fotografía tomada en las instalaciones de la empresa BIOFABRICAS

En la siguiente figura podemos observar las conexiones internas del sistema de control temporizado TM-848-1 del prototipo de acuaponía SA50-2014

Figura 19. Conexiones internas del sistema de control temporizado.



Fuente: Fotografía tomada en las instalaciones de la empresa BIOFABRICAS

8. CONTROL AUTOMÁTICO DEL PROTOTIPO SA50-2014

El sistema de acuaponía SA50-2014 requiere de un constante monitoreo debido al grado de eficiencia y complejidad que algunas funciones u operaciones lo solicitan, por este motivo se le ha incorporado a este prototipo un sistemas de control automático que está compuesto por una tarjeta de desarrollo con microcontrolador ATMEL, un sensor de ultrasonido HC-SR05 para medir el nivel del tanque de engorde de la Tilapia, además hemos agregado una tarjeta SHIELD reguladora, amplificadora con el fin de filtrar y estabilizar las señales de entrada, por ultimo tenemos una unidad de salida por RELE para que accione a los actuadores tales como la Bomba de recirculación, la bomba de vaciado, la electroválvula.

Es de mencionar que este control automático tiene comunicación Bluetooth a cualquier dispositivo móvil ANDROID a través de una APP denominada “Aquino v2.0”, la cual ha sido diseñada para cumple la funciones de interfaz gráfica con el fin conocer en tiempo real el nivel del tanque de engorde de la tilapia, es de agregar que esta APP y la tarjeta de desarrollo con microcontrolador ATMEL tienen comunicación FULL DUPLEX es decir que desde esta aplicación se puede encender o apagar todos los actuadores que tiene el sistema de acuaponía SA50-2014.

8.1. TARJETA DE DESARROLLO

Arduino¹³ es una tarjeta electrónica que basa su funcionamiento en software libre, usado para aplicaciones de electrónica, las comunicaciones y control entre otras.

En su placa contiene un microcontrolador de la familia ATMEGA que hace de “cerebro” del entorno de programación, controlando algunos puertos tanto análogos como digitales (IN/OUT).

Arduino puede “sentir” el entorno mediante la recepción de entradas desde una variable de sensores y puede afectar a su alrededor mediante el control de luces, motores y otros artefactos. El microcontrolador de la placa se programa usando el “Arduino Development Environment” (Basado en procesing). Los proyectos de

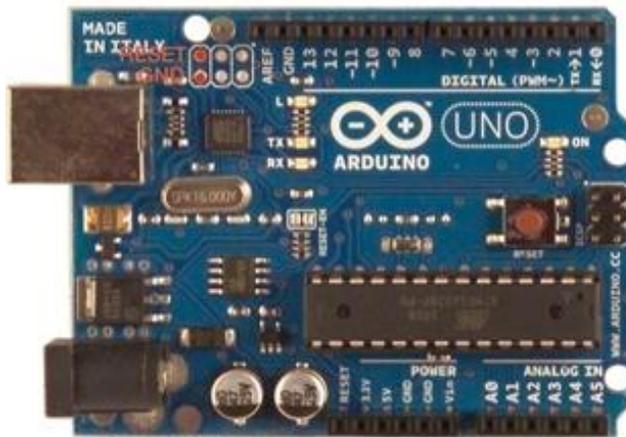
¹³ HERRADOR E. Rafael. I.T.I Sistemas. *Guía de usuario de Arduino*. 2009. p.8. Recuperado (02 de agosto de 2016)

Arduino pueden ser autónomos o se pueden comunicar con software en ejecución en un ordenador (por ejemplo con Flash, Processing, MaxMSP, etc.).

8.1.1. Arduino UNO.

El Arduino Uno es una tarjeta basada en el microcontrolador ATmega328, contiene 14 entradas/salidas digitales en sus pines (6 son salidas PWM), 6 entradas análogas, con un oscilador cerámico de 16MHz, conexión USB, entrada de poder y un botón de RESET. Esta placa difiere de sus versiones anteriores en que no utiliza el controlador de USB/SERIAL FTDI. En lugar de ello, se cuenta con el Atmega16U2 (Atmega8U2 hasta la versión 2) programado como convertidor de USB a SERIAL.

Figura 20. Placa de Arduino UNO.



Fuente: <http://www.arduino.cc/en/Hacking/DFUProgramming8U2>

Tabla 9. Características del Arduino UNO

	Microcontrolador ATmega328
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (Recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (Limites)	6-20V
Pines Digitales (Input/Output)	14 (6 proporcionan salidas PWM)
Entradas Analógicas	6
Corriente DC por E/S pin	40mA
Memoria Flash	32Kb (ATmega328)
SRAM	2Kb (ATmega328)
EEPROM	1Kb (ATmega328)
Velocidad de reloj	16MHz

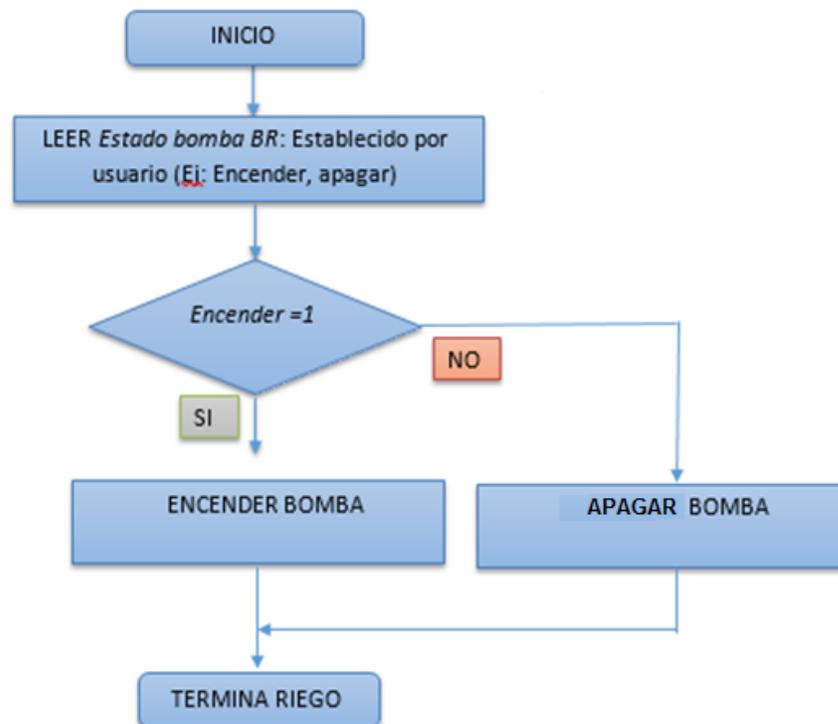
Fuente: <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

Se escogió esta versión de microcontrolador ATmega328, con montaje en tarjeta de desarrollo Arduino, debido su gran funcionalidad, la cual cuenta con suficientes entradas y salidas para el sistema SA50/2014, es de notar que esta versión es modular, y por ende se puede agregar módulos de conexión inalámbrica Bluetooth, RFID, XBEE, módulos de salidas por relé, módulo de temperatura, ultrasonido, etc. Los cuales son ideales para ampliar las capacidades para el sistema de seguridad alimentaria SA50/2014.

8.2. PROGRAMACION.

Anteriormente se ha tratado acerca del control de algunos actuadores del sistema de acuaponía SA50-2014, y que ahora son la esencia de la automatización de éste, por lo que a continuación se explica el proceso que se desarrolla en la tarjeta mediante diagramas de flujo.

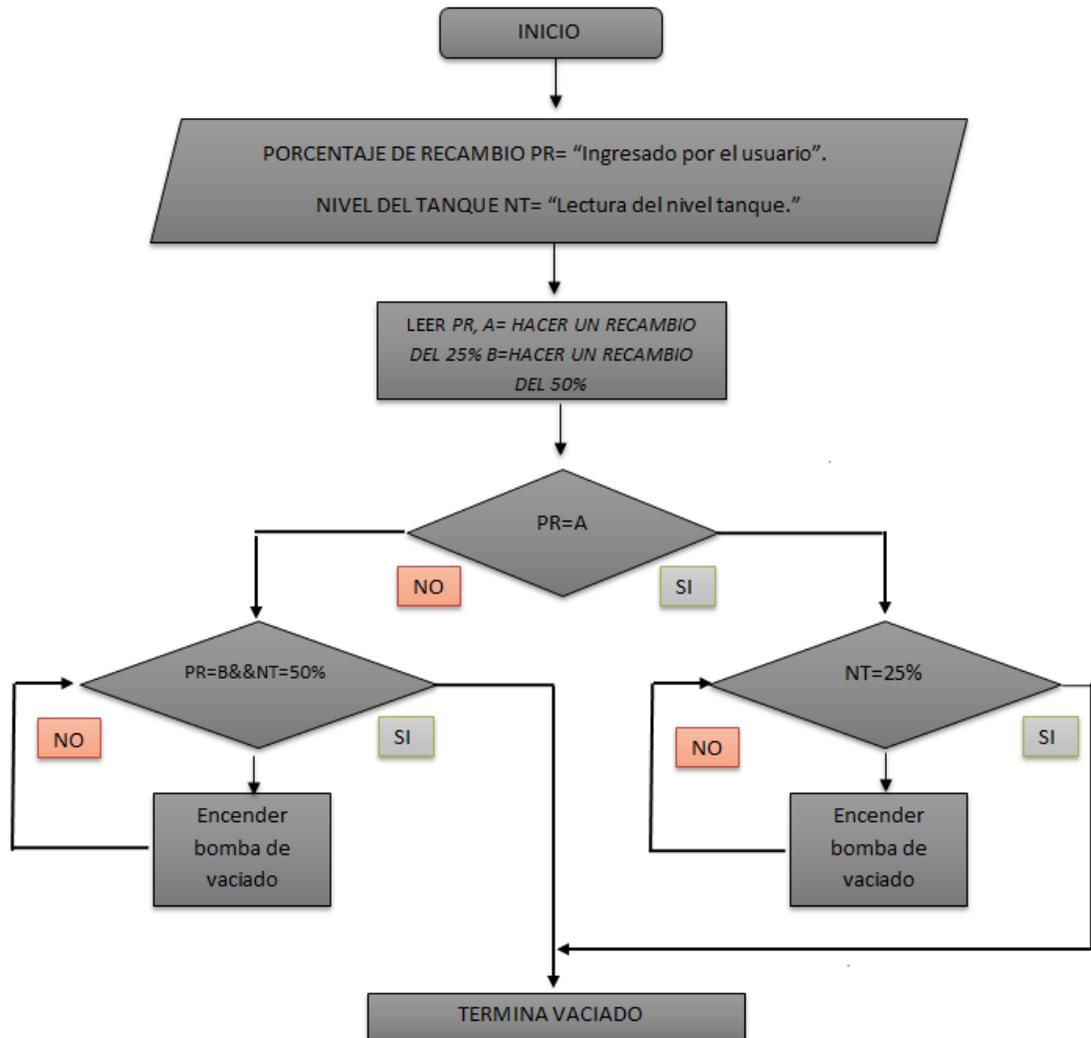
Figura 21. Diagrama de flujo del control de la electrobomba de recirculación.



Tal y como se explica en el diagrama de flujo, el control de recirculación de bombeo de agua está determinado por el usuario que establece su respectiva duración, es decir, que se realiza la recirculación de agua del sistema de acuaponía cuando el

usuario a través de la aplicación móvil enciende o apaga de forma inalámbrica la Bomba Electrosumergible, esto lo puede hacer tantas veces sean necesarias.

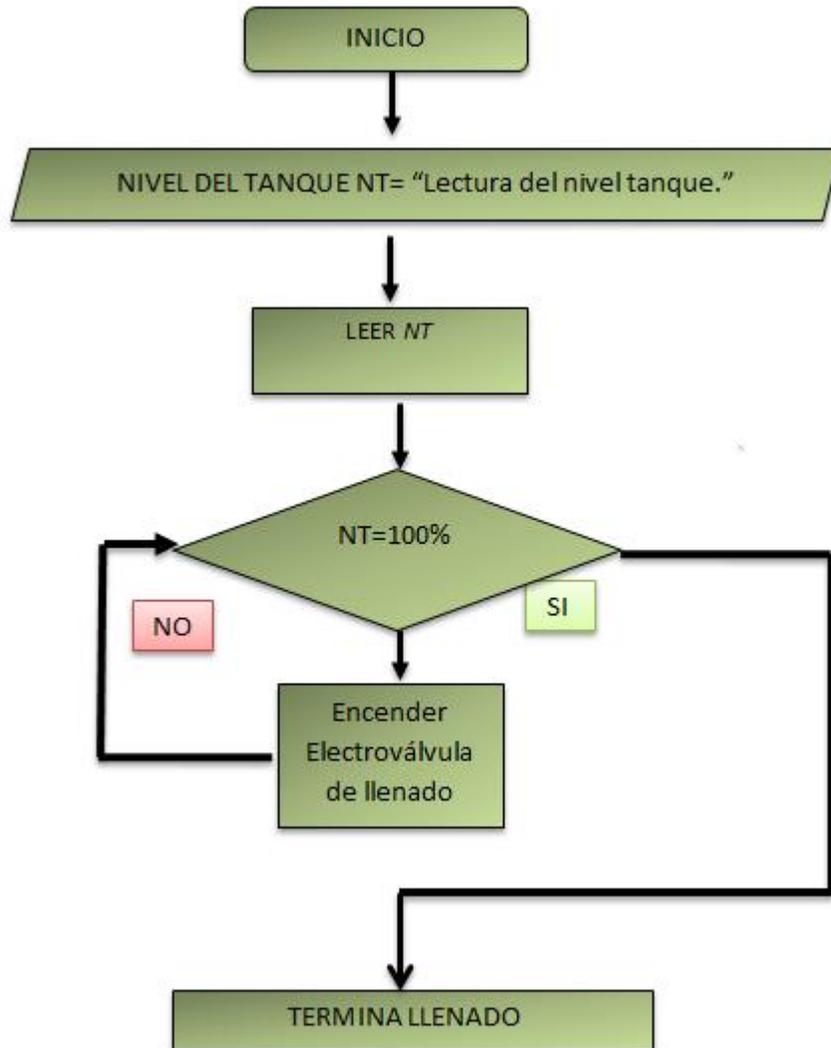
Figura 22. Diagrama de flujo del control de vaciado del tanque de engorde.



Debido a que los niveles de oxígeno en el agua son estrictos, ya que es un elemento fundamental para la respiración de la Tilapia, se deben mantener los niveles óptimos, por esto, el sistema de acuaponía SA50-2014 cuenta con una técnica de filtración de agua que permite que no se hagan grandes recambios de agua en el tanque de engorde y así tener una reducción del uso del recurso hídrico, sin embargo existen casos excepcionales que requieren del recambio de agua del tanque de engorde, para esto se han tomado dos (2) niveles de recambio, los cuales

corresponden al 25% y al 50%, y que son medidos constantemente por un sensor de ultrasonido para así obtener el nivel de este.

Figura 23. Diagrama de flujo del control de llenado del tanque de engorde



Como se debe asegurar que el nivel del tanque de engorde de la tilapia este en un rango correcto se ha dispuesto de un control de llenado de tanque que permite que este en momentos de evaporación de agua lo mitigue, por otro lado, cuando existen momentos de recambio de agua, esta operación puede activarse luego de que se complete el vaciado del 25% o el 50% respectivamente.

8.3. CONEXIONES FÍSICAS E IMPLEMENTACIÓN.

De acuerdo con lo anterior, en la siguiente figura se puede observar la manera en que físicamente se encuentran conectados los sensores a la SHIELD de la Arduino.

Figura 24. Conexiones físicas del control automático.



Como se mencionó anteriormente, la tarjeta con el Microcontrolador necesita del *SHIELD* para poder hacer el acople fácil del sensor de ultrasonido y la conexión con el modulo Bluetooth, el cual nos permitirá hacer la comunicación inalámbrica con la aplicación de monitoreo remoto.

También en la figura anterior se encuentran conectados los relés en las salidas digitales, que se encargan de encender y apagar los actuadores (electrobombas, electroválvulas) cuando sea necesario.

Figura 25. Modulo Bluetooth HC-06



Fuente: <http://www.prometec.net/bt-hc06/>

Básicamente el modelo HC-06 solo puede actuar como esclavo y además dispone de un juego reducido de instrucciones a las que atiende, mientras que el modelo HC-05 puede actuar como master o como Slave y acepta un número mayor de órdenes de configuración, es por esto en este proyecto se optó por usar el módulo HC-06 ya que puede completar las tareas de funcionamiento a acorde de las necesidades del operario.

Tabla 10. Características del módulo Bluetooth HC-06

<i>Compatible con el protocolo Bluetooth V2.0.</i>	
<i>Voltaje de alimentación</i>	3.3VDC – 6VDC.
<i>Voltaje de operación</i>	3.3VDC.
<i>Baud rate ajustable</i>	1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600
<i>Tamaño</i>	1.73 in x 0.63 in x 0.28 in (4.4 cm x 1.6 cm x 0.7 cm)
<i>Corriente de operación</i>	< 40 mA
<i>Corriente modo sleep</i>	< 1mA

Fuente: <http://electronilab.co/tienda/modulo-bluetooth-hc-06-serial-rs232ttl>

Figura 26. Sensor de distancia de ultrasonido HC-SR04



Fuente: <http://electronilab.co/tienda/sensor-de-distancia-de-ultrasonido-hc-sr04/>

El HC-SR04¹⁴ es un sensor de distancias por ultrasonidos capaz de detectar objetos y calcular la distancia a la que se encuentra en un rango de 2 a 450 cm. El sensor funciona por ultrasonidos y contiene toda la electrónica encargada de hacer la medición. Su uso es tan sencillo como enviar el pulso de arranque y medir la anchura del pulso de retorno. De muy pequeño tamaño, el HC-SR04 se destaca por su bajo consumo, gran precisión y bajo precio por lo que está reemplazando a los sensores polaroid en los robots más recientes.

Como hemos podido observar, este control automático consta de dos partes, la primera podemos ubicar todos los elementos de actuación y procesamiento del sistema, la segunda parte contiene todo lo relacionado con la interfaz gráfica de este, es decir sobre el control y monitoreo funcional del sistema de acuaponía SA50-

¹⁴ Sensor de distancia ultrasonido HC-SR04, **ELECTRONILAB**, Ingeniería y Diseño electrónico. Recuperado (02 de agosto de 2016) Fuente: <http://electronilab.co/tienda/sensor-de-distancia-de-ultrasonido-hc-sr04/>

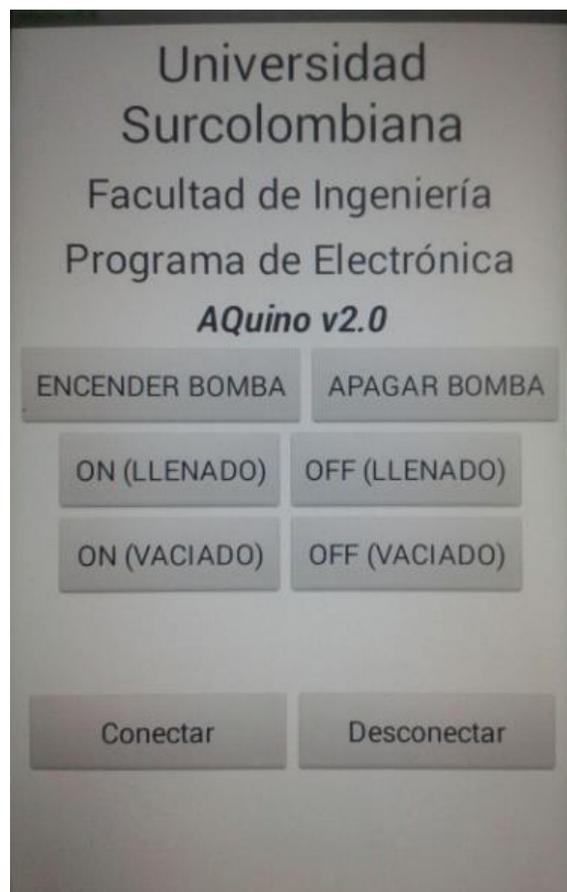
2014, esta interfaz gráfica fue elaborada con el fin de que funcionara en los dispositivos móviles que estén bajo el sistema operativo ANDROID.

Tabla 11. Características del sensor de distancia ultrasonido HC-SR04

<i>Dimensiones del circuito</i>	43 x 20 x 17 mm
<i>Tensión de alimentación</i>	5 Vcc
<i>Frecuencia de trabajo</i>	40 KHz
<i>Rango máximo</i>	4.5 m
<i>Rango mínimo</i>	1.7 cm
<i>Duración mínima del pulso de disparo (nivel TTL)</i>	10 µs.
<i>Duración del pulso eco de salida (nivel TTL)</i>	100-25000 µs.

Fuente: <http://electronilab.co/tienda/sensor-de-distancia-de-ultrasonido-hc-sr04/>

Figura 27. Interfaz de AQuino v2.0.



Con base en lo anterior se acondicionó un cajón en acero galvanizado para establecer el tablero de control manual y automático, la caja del control temporizado, el sistema energético incluyendo el banco de baterías y demás conexiones eléctricas del sistema de acuaponía SA50-2014.

Figura 28. Cajón eléctrico del sistema de acuaponía SA50-2014



Fuente: Fotografía tomada en las instalaciones de la empresa BIO-FABRICAS

9. SISTEMA DE ENERGÉTICO

9.1. ENERGÍA FOTOVOLTAICA

El fenómeno fotovoltaico¹⁵ fue descubierto en 1839 y las primeras celdas solares de selenio fueron desarrolladas en 1880. Sin embargo, no fue sino hasta 1950 que se desarrollaron las celdas de silicio monocristalino que actualmente dominan la industria fotovoltaica. Las primeras celdas de este tipo tenían una eficiencia de conversión de solo 1%; ya para 1954 se había logrado incrementar la eficiencia al 6% en condiciones normales de operación, mientras en el laboratorio se lograron eficiencias cercanas a 15%. Las primeras aplicaciones prácticas se hicieron en satélites artificiales. En 1958 fueron utilizadas para energizar el transmisor de respaldo del Vaguard 1, con una potencia de cinco mili-watts. Desde entonces las celdas fotovoltaicas han proporcionado energía a prácticamente todos los satélites artificiales, incluyendo el Skylab que cuenta con un sistema de generación de más de 20 caladas. Las celdas solares fotovoltaicas son dispositivos que convierten la luz solar directamente en electricidad, sin necesidad de equipos mecánicos. Las celdas solares están hechas de delgadas capas de material semiconductor, usualmente silicio, están unidas a contactos de metal para completar el circuito eléctrico, y encapsuladas en vidrio o en plástico.

9.2. PLANTA FOTOVOLTAICA

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de dispositivos cuya función es transformar la energía solar directamente en energía eléctrica, acondicionando esta última a los requerimientos de una aplicación determinada. Consta principalmente de los siguientes elementos:

- a. Arreglos de módulos de celdas solares.
- b. Estructura y cimientos del arreglo.

¹⁵ **Fenómeno fotovoltaico.** *THERMARCLIMA* Recuperado (01 de agosto de 2016) Fuente: <http://www.thermarclima.com.ar/enersol3.html>

- c. Reguladores de voltaje y otros controles, típicamente un controlador de carga de batería, un inversor de corriente CD/CA o un rectificador CA/CD.
- d. Baterías de almacenamiento eléctrico y recinto para ellas.
- e. Instrumentos.
- f. Cables e interruptores.
- g. Red eléctrica circundante.
- h. Cercado de seguridad, sin incluir las cargas eléctricas.

9.2.1. Diseño de la planta fotovoltaica

Para poder diseñar el sistema que suministra la energía a todo el sistema de acuaponía SA50-20|14 es necesario tener varios factores en cuenta como la región de uso y el consumo en el día de los equipos a conectar, el cual debe ser igual o un poco menor que la energía producida por el panel diariamente.

Para esto, debemos conocer inicialmente el consumo de los elementos requeridos por el invernadero el cual consta de dos electrobombas, una electroválvula y una tarjeta desarrollo, una vez conocido este dato, y sabiendo la capacidad de generación del panel, se busca la cantidad de brillo solar (luz solar) de la zona en donde se va a instalar el sistema, según como se muestra en la Figura 29. Ya que debido a la región en donde se implementa, el panel produce una cierta cantidad de energía diaria.

A partir de los datos obtenidos, se multiplica la capacidad del panel por el número de horas/promedio diarias y así encontramos la cantidad de energía producida diariamente por un panel. Con estos datos diseñamos el sistema.

Tabla 12. Consumo de los elementos utilizados en el sistema de acuaponía

<i>Ítem</i>	<i>Voltaje</i>	<i>Corriente</i>	<i>Potencia</i>
<i>Electrobomba de recirculación</i>	110VAC	0,5 A	65 W/hora
<i>Electrobomba de vaciado</i>	110VAC	0,3 A	35 W/hora
<i>Electroválvula de llenado</i>	12VDC	250mA	3W/hora
<i>Caja de control</i>	12VDC	1.5 A	18W/hora
TOTAL			121W/hora

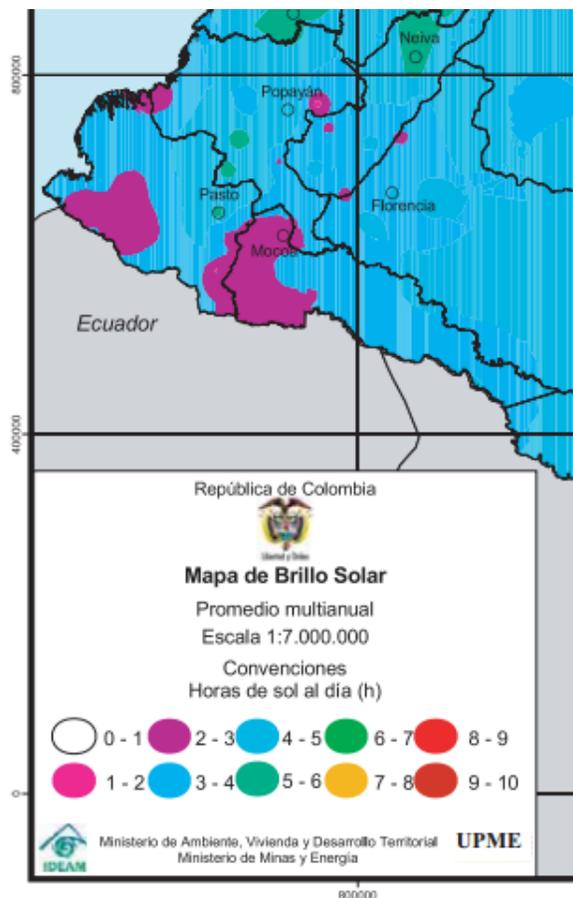
Todos los elementos van a estar funcionando aproximadamente 30 minutos diarios, por lo que calculamos el consumo diario del sistema.

$$\text{Totalconsumodiario} = 121 \text{ W/hora} * 1 \text{ horasdiarias} = 121 \text{ W/Día.}$$

Ahora se ubica en el mapa el sitio en donde se encuentra instalado todo el sistema, el cual va a hacer en las cercanías a Neiva, sin embargo esto puede cambiar debido a que este sistema se considera móvil, acá se puede observar que en esta región hay un promedio anual entre 5 a 6 horas diarias de brillo solar y sabiendo que un panel KC-200R produce aproximadamente 200W/hora, se multiplica lo producido por el panel por el número de horas de brillo solar, para obtener lo producido diariamente por un a partir de la Figura 29. Suponemos un brillo solar de 6 horas/Día.

$$\text{Totalproducciónenergíadiaria} = 200 \text{ W/hora} * 6 \text{ horas/Día} = 1200 \text{ W/Día.}$$

Figura 29. Fragmento de mapa de brillo solar – promedio multianual de Colombia.



Fuente: http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/3-Mapas_Brillo_Solar.pdf

Por último, se divide el total de W/hora de consumo diario, por el número de W/hora que produce un panel diariamente, obteniendo el número de paneles necesarios para el sistema.

$$TotalNo.Paneles = 121 W/Día / 1200 W/Día = 0,1 Paneles$$

Como podemos ver del cálculo anterior, solo necesitamos menos de $\frac{1}{4}$ del panel solar KC 200R, es decir que este panel es más que suficiente para suministrar energía al sistema SA50-2014, es de aclarar que este panel fue suministrado por la empresa ACUACOOOP y que los elementos o equipos utilizados en este sistema acuaponico se consiguieron a partir de esa limitante de energía eléctrica.

9.2.2. Funcionamiento

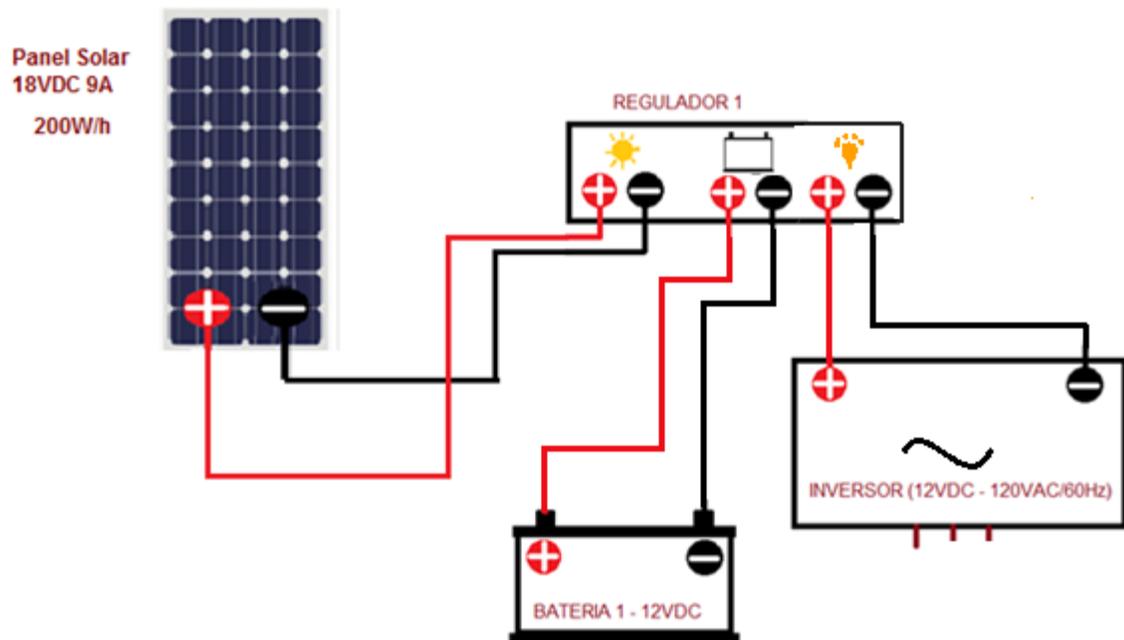
En un sistema típico,¹⁶ el proceso de funcionamiento es el siguiente: la luz solar incide sobre la superficie del arreglo fotovoltaico, donde es transformada en energía eléctrica de corriente directa por las celdas solares; esta energía es recogida y conducida hasta un controlador de carga, el cual tiene la función de enviar toda o parte de esta energía hasta el banco de baterías, regulando el voltaje suministrado de los paneles (18VDC) a las baterías (12VDC), en donde es almacenada, cuidando que no se excedan los límites de sobrecarga y sobre-descarga; en algunos diseños, parte de esta energía es enviada directamente a las cargas. La forma en que se conecta el panel al regulador es como se muestra en la Figura 30. En donde un panel solar se conecta a un regulador que suministra la energía a las baterías, y ésta se conecta al inversor con el fin de obtener la señal de voltaje alterna de 120V a 60Hz.

Si las cargas a alimentar son de corriente directa, esto puede hacerse directamente desde el arreglo fotovoltaico o desde la batería; si, en cambio, las cargas son de corriente alterna, la energía proveniente del arreglo y de las baterías, limitada por el controlador, es enviada a un inversor de corriente, el cual la convierte a corriente alterna.

¹⁶ RODRÍGUEZ J, GONZÁLEZ J. Sistema de telemetría y automatización a una instalación agrícola (invernadero) Cap. 9, Pág. 87. Recuperado (03 de Agosto de 2016). Fuente: <http://biblioteca.usco.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=37321>

Como el sistema SA50-2014 es un sistema autónomo, su diseño requiere de unas baterías recargables selladas y libre de mantenimiento, todo esto con el fin brindar apoyo energético a los paneles solares.

Figura 30. Esquema general de la planta fotovoltaica.



9.3. COMPONENTES

Como se mostró anteriormente, los componentes necesarios para generar energía eléctrica necesaria para alimentar el sistema a partir de la energía lumínica, tienen una función concreta y especificaciones técnicas para poder hacer dicha tarea.

9.3.1. Celdas Solares

Las celdas solares son componentes fundamentales para la planta fotovoltaica, su función es la de convertir la energía lumínica en energía eléctrica. La celda genera entre 18 y 19VDC y una corriente máxima de 9 A, por lo que la potencia que soporta es de aproximadamente 200W.

Su función es mantener al banco de baterías cargado durante las horas de brillo solar, por lo que debe generar lo suficiente para que las baterías puedan suministrar energía cuando no hay brillo solar, es decir, en la noche.

9.3.2. Regulador de voltaje

El panel solar se encarga de mantener cargadas las baterías, pero es necesario regular el voltaje generado por las celdas al voltaje de las baterías, por lo que se utiliza el regulador HQRP-10A, el cual regula los 18VDC generados por las celdas a los 12VDC que necesitan las baterías.

Figura 31. Regulador de voltaje HQRP-10A.



Fuente: <https://www.amazon.es/HQRP-Controlador-Regulador-display-digital/dp/B007VBNP58>

Tabla 13. Características del regulador de voltaje HQRP-10a

<i>HQRP® Controlador de Carga Solar</i>	
<i>Voltaje de carga plena</i>	14.8 Voltios;
<i>Desconexión por bajo voltaje</i>	11.1 Voltios;
<i>Tamaño de terminales para cables</i>	6mm ² ;
<i>Modo de carga y estado de carga (SOC).</i>	PWM
<i>Desconexión por alto voltaje</i>	14.4 Voltios
<i>Voltaje de flotación</i>	13.6 Voltios;
<i>Reconexión por bajo voltaje</i>	12.6 Voltios
<i>Auto consumo de corriente</i>	6mA max;

Fuente: <https://www.amazon.es/HQRP-Controlador-Regulador-display-digital/dp/B007VBNP58>

Como nuestro sistema tiene un panel solar demás de 5W es necesario adicionar un controlador de carga que ayude a proteger las baterías contra las sobre cargas y en algunos casos, contra sobre descargas, el anterior regulador de voltaje se eligió por dos motivos, 1. Porque el voltaje de carga de las baterías es compatible con el voltaje de funcionamiento del sistema. 2. Porque además puede trabajar con la corriente salida máxima del panel solar cuando está en corto circuito.

9.3.3. Inversor DC – AC

Es el elemento encargado de convertir los 12 VDC que genera las baterías en 110 VAC, para la alimentación de las electrobombas de recirculación y de vaciado. Este dispositivo es capaz de entregar hasta 200W de potencia, por lo que es necesario que las baterías suministren por lo menos 9A. Algunas de sus características son las siguientes:

Figura 32. Inversor ATD Tools 5950 200 Watt



Fuente: <http://www.sears.com/atd-tools-5950-200-watt-power-inverter/p-SPM2407825214?plpSellerId=CPO%20Outlets&prdNo=21&blockNo=21&blockType=G21#>

Como la cantidad de elementos o equipos eléctricos que están conectados al sistema SA50-2014 requieren de una potencia de aproximadamente 121 Watt, y además la naturaleza de las cargas son puramente inductivas, es necesario conectarlos a un inversor con salida sinusoidal pura con una potencia de 200W; por tal motivo hemos escogido un inversor con las siguientes características:

Tabla 14. Características del inversor ATD Tools 5950

<i>Max continuous power</i>	200W
<i>Peak load power rate</i>	up to 400W
<i>No load current draw</i>	up to 0.3 Amps
<i>Waveform</i>	Pure sine wave
<i>Input DC voltage range</i>	DC 11V-15V

Fuente: <http://www.sears.com/atd-tools-5950-200-watt-power-inverter/p-SPM2407825214?plpSellerId=CPO%20Outlets&prdNo=21&blockNo=21&blockType=G21#>

10. DISEÑO DEL CONTROL ON – OFF CON HISTÉRESIS

En este capítulo abarcaremos todos elementos requeridos que se usaron para el diseño del control todo o nada con histéresis que se aplicó en el tanque de engorde de la tilapia. Para esto se debió tener en cuenta algunos aspectos requeridos por la Cooperativa ACUACOOOP y su personal técnico en Acuicultura.

Este control se diseñó con el propósito de cumplir dos objetivos, donde podemos decir que el primero fue realizar la tarea de recambio de agua del tanque de engorde de la tilapia, que aunque no es una tarea muy frecuente es de gran utilidad; sin embargo, el segundo objetivo es en sí es todo lo contrario, debido a que contamos con un microcontrolador ATMEL que se encuentra en constante operación de lazo cerrado, realizando un control ON – OFF con histéresis para mantener el nivel de llenado del tanque de engorde en el punto ideal de crianza de la tilapia.

Se escogió este control con histéresis debido a la frecuente turbidez en la que se encontraba el agua del tanque de engorde, el cual contenía animales semovientes (peces) que por su naturaleza producían la agitación en el agua.

Para este diseño se debió tener en cuenta los siguientes elementos técnicos:

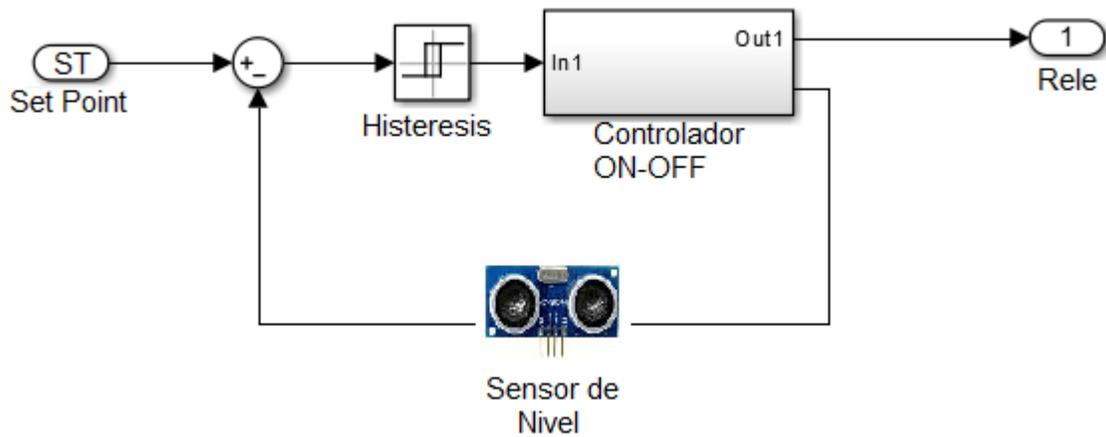
- La capacidad del tanque: este tanque tiene la capacidad de albergar alrededor de 1000L de agua, el cual se puede considerar como el tope máximo de llenado y el ideal para la crianza de la tilapia.
- Distancia del sensor de Ultrasonido con respecto al nivel del tanque: En la implementación de los dispositivos electrónicos, tales como el sensor de ultrasonido para la medición del nivel del tanque se debió tener en cuenta la separación entre estos dos elementos.
- Recambio del 25% y 50% del total del nivel de llenado: Este recambio se debe hacer cada vez que el operario o el técnico en acuicultura crea necesario realizarlo.

Con el fin de poder conocer la variación existente en el nivel escogido como el ideal para la crianza de la tilapia, se han recolectado para este nivel alrededor de 360 muestras que representa en tiempo alrededor de 12 minutos, y que se puede traducir en 2 muestras por segundo. Se puede considerar que esta cantidad de

muestras son suficientes para observar el comportamiento de la variación en cada nivel respectivamente.

Para representar de forma esquemática la estructura de control ON-OFF con histéresis se ha realizado el siguiente diagrama de bloques, el cual permite mostrar de manera gráfica el funcionamiento de la estructura implementada en el tanque de engorde de la tilapia.

Figura 33. Diagrama de control implementado en el sistema acuaponico.

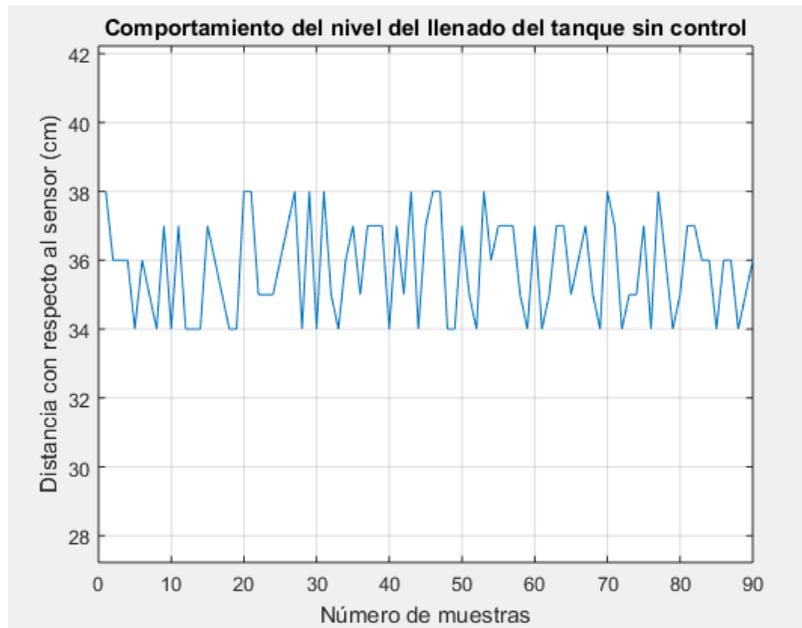


10.1. Control ON-OFF con histéresis en el llenado del tanque.

Para realizar este control se tomaron alrededor de 360 muestras, a una tasa de 2 muestras por segundo, estos datos se ha procesado a través de MATLAB de tal forma que se pudo obtener la siguiente gráfica.

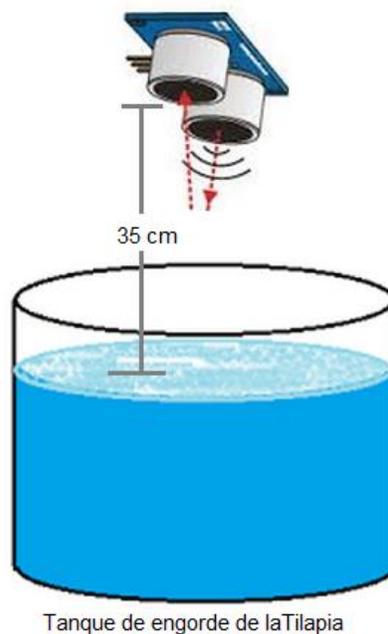
En un control ON-OFF la salida del controlador va de un extremo a otro cuando el valor de la variable controlada se desvía del valor deseado. En este caso la variable a controlar será el nivel del llenado del tanque de engorde de la tilapia mientras que la variable de control es nuestro pulso digital que actúa en el elemento de control final, el cual es el relé que activa y desactiva la electrobomba sumergible.

Figura 34. Grafica del comportamiento del tanque en estado lleno.



Para efectos de diseño, se ha establecido que la distancia más apropiada entre el nivel del tanque en estado lleno y el sensor de Ultrasonido es alrededor de 35cm, ya que a esta altura se puede considerar como el máximo nivel de agua en el que el tanque puede estar, en la siguiente figura se puede ilustrar la explicación anterior.

Figura 35. Distancia entre el sensor de Ultrasonido y el tanque en estado lleno



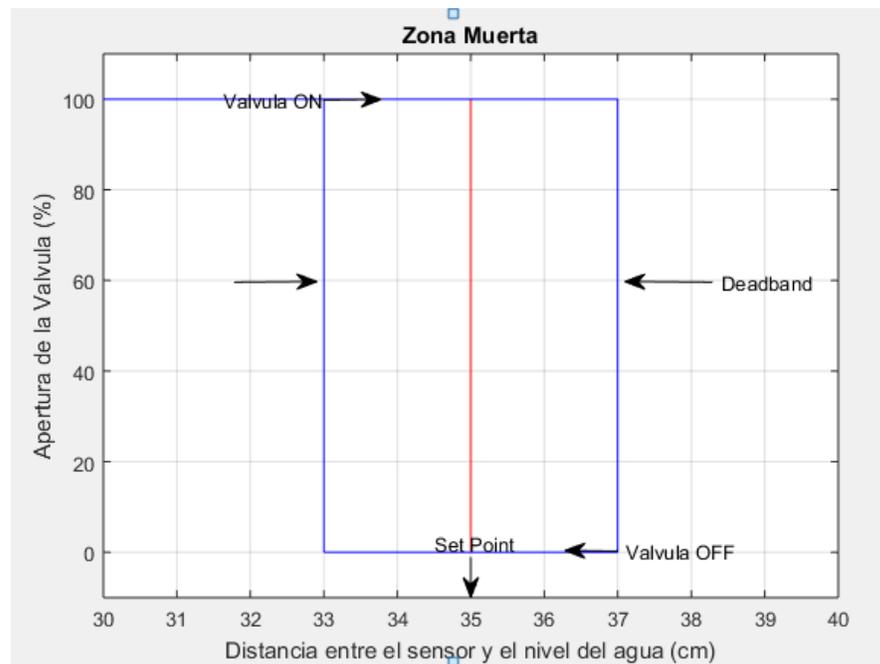
Para reducir la variabilidad en este nivel hemos elaborado un rango denominado zona muerta (Deadband) el cual va a prevenir las oscilaciones elevadas de conmutación en el relé, y produciendo que la salida del controlador cambie de ON a OFF y OFF a ON sin producir desgates mecánicos considerables en el sistema.

Para poder obtener esta zona muerta se realizó un análisis estadístico descriptivo con el fin de conocer la desviación estándar que se presenta en el nivel del tanque en estado lleno, a partir de este análisis se logró observar que el valor de desviación es aproximadamente de $\pm 1,45$ cm, con lo anterior podemos decir que la zona muerta puede tener un rango de ± 2 cm y así asegurar el menor número de conmutaciones en el relé.

Tabla 15. Análisis estadístico descriptivo.

Nivel del tanque en estado lleno (cm)	
<i>Media</i>	35,89722222
<i>Mediana</i>	36
<i>Moda</i>	34
<i>Desviación estándar</i>	1,425198244
<i>Mayor</i>	38
<i>Menor</i>	34

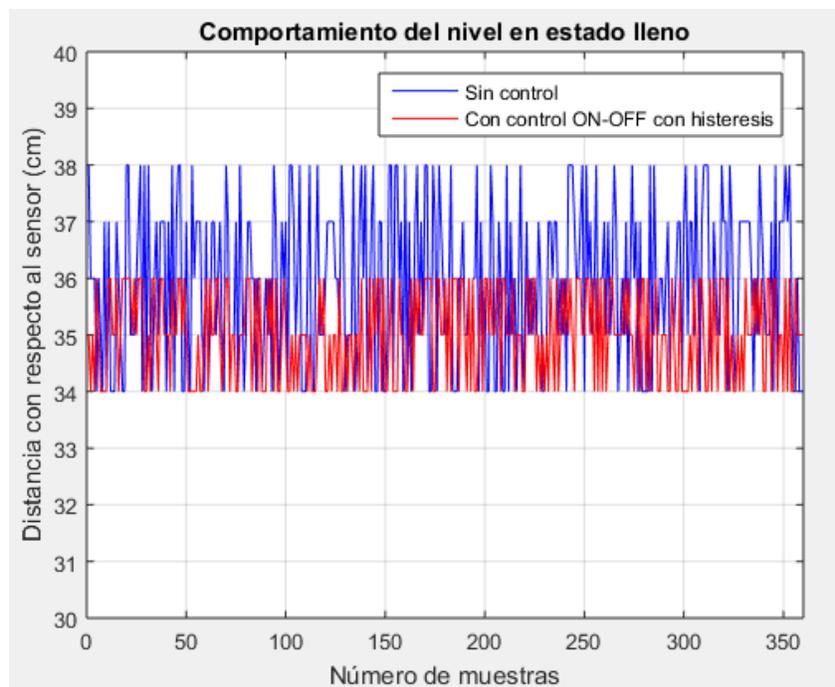
Figura 36. Banda muerta para generar la histéresis del control ON-OFF



Luego de tener en cuenta las anteriores consideraciones, se implementó en el microcontrolador ATMEL el control ON – OFF con histéresis, además se implementó las opciones de recambio de agua al 25% y 50%, las cuales quedaron a una distancia con respecto al sensor de ultrasonido en alrededor de 55cm y 76cm respectivamente.

En la siguiente figura se puede observar una comparación entre el comportamiento del nivel del tanque en estado lleno con el control implementado en el microcontrolador y el comportamiento de este nivel sin control, es de mencionar que aunque esta técnica es sencilla, resulta ser económica y fiable.

Figura 37. Comparación del comportamiento del nivel en estado lleno.



Para calcular la distancia entre el sensor de nivel y la altura correspondiente para cada recambio de agua del 25% y 50 % en el tanque de engorde de la tilapia se debió hacer el siguiente cálculo.

Como las características del tanque son las siguientes:

Capacidad: 1000 Litros;

Medidas Tanque: Ancho 1232 mm x Alto 1030 mm

Se debe calcular el volumen total del **tanque lleno**, de la siguiente manera:

$$V = \pi r^2 h$$

Como la capacidad volumétrica necesaria para el óptimo crecimiento de la tilapia es de 1 m^3 de agua, se debe requerir de una altura de agua en el tanque de radio de $0,616\text{ m}$

$$h = \frac{V}{\pi r^2}$$

$$h = \frac{1\text{ m}^3}{\pi(0,616\text{ m})^2}$$

$$h = \frac{1\text{ m}^3}{1,19209\text{ m}^2}$$

$$h = 0,838\text{ m}$$

Con el resultado anterior se puede observar que para conseguir un volumen de un 1 metro cubico de agua no es necesario llevar el nivel hasta su capacidad máxima que es de $1,232\text{ m}$, además es de observar que a la altura de $0,8388\text{ m}$ le debemos sumar la distancia que existe entre el sensor de ultrasonido y el respectivo nivel.

Para el recambio del agua en un **25%** debemos calcular la altura aproximada que se requiere para que el nivel del tanque baje, para luego proceder a su respectivo llenado, para esto se debe tener en cuenta que ahora la capacidad volumétrica va a ser de $0,75\text{ m}^3$, lo cual se consigue a una altura de:

$$h = \frac{V}{\pi r^2}$$

$$h = \frac{0,75\text{ m}^3}{\pi(0,616\text{ m})^2}$$

$$h = \frac{0,75\text{ m}^3}{1,19209\text{ m}^2}$$

$$h = 0,629\text{ m}$$

Ahora para el recambio del agua en un **50%** debemos calcular la altura que se necesita para que el nivel del tanque baje para conseguir una capacidad volumétrica de $0,5\text{ m}^3$, para conseguir esto debemos hacer el siguiente cálculo:

$$h = \frac{V}{\pi r^2}$$

$$h = \frac{0,50 \text{ m}^3}{\pi(0,616 \text{ m})^2}$$

$$h = \frac{0,50 \text{ m}^3}{1,19209 \text{ m}^2}$$

$$h = 0,419 \text{ m}$$

De esta manera logramos obtener las alturas correspondientes de cada nivel de funcionamiento del tanque de engorde de la tilapia.

La siguiente tabla ilustra las alturas y las capacidades volumétricas de los niveles de funcionamiento del tanque de engorde:

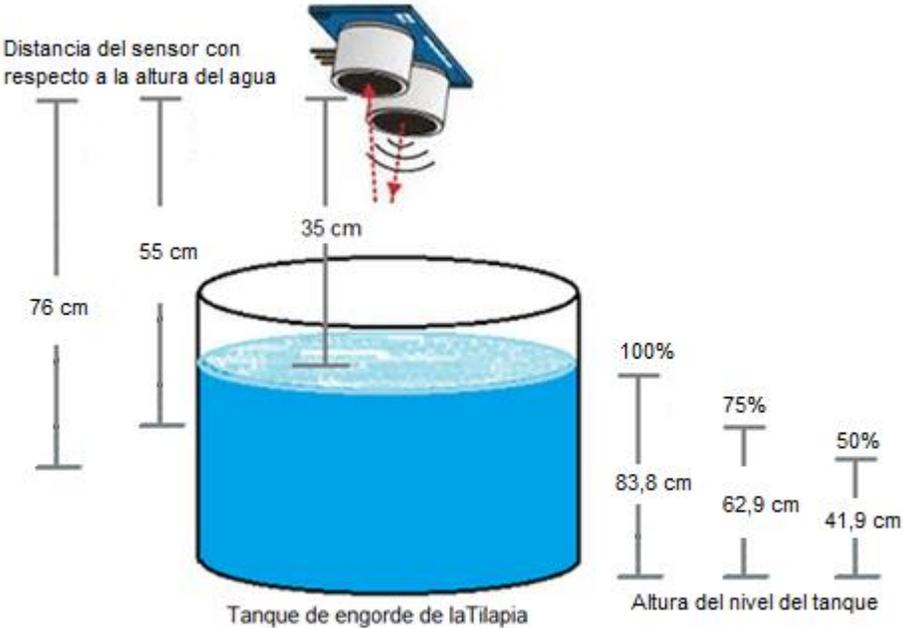
Tabla 16. Relación de alturas y capacidades volumétricas.

TANQUE DE ENGORDE DEL CULTIVO DE TILAPIA

<i>Capacidad volumétrica (m³)</i>	Altura del nivel en el tanque (m)	Distancia del sensor con respecto a la altura del nivel del tanque. (m)
1	0,838	0,35
0,75	0,629	0,55
0,50	0,419	0,76

La tabla anterior indica la altura correspondiente para cada capacidad volumétrica y además muestra las distancias respectivas entre el sensor de nivel y la altura del tanque, para mostrar de manera más grafica la explicación anterior se realizó la siguiente figura.

Figura 38. Relación de alturas y distancias con respecto a los niveles del tanque.



CONCLUSIONES

Se obtuvo de manera satisfactoria el control de un sistema de acuaponía portable, el cual comprendía a su vez de tres modos de control, a los que hemos denominado como control manual, control temporizado y control automático, y que funcionan de forma continua y alterna, es decir que estos 3 controles están dispuestos de manera paralela con el fin de lograr tres alternativas de funcionamiento para eventuales fallos que pueda presentar el sistema.

Se logró realizar este proyecto con la ayuda de diferentes herramientas de Hardware y Software libre, dando así una alternativa de bajo costo, que puede proporcionar muchas ventajas, tales como la producción de réplicas del sistema de acuaponía SA50-2014 el cual es una opción productiva de seguridad alimentaria para el sector urbano.

Mediante el uso del módulo de transmisión Bluetooth se consiguió realizar el envío de datos desde el sistema de acuaponía SA50-2014 hacia el dispositivo móvil con sistema operativo ANDROID, esto con el fin de conseguir un control electrónico de lazo cerrado alterno e inalámbrico, es de mencionar que esta función pertenece al modo de control automático, el cual utiliza una tarjeta de desarrollo con micro controlador ATMEL con software libre y que tiene acoplado un sensor de nivel, para dar respuesta de activación a los actuadores finales como los son las electrobombas.

La tarjeta de desarrollo Arduino, en su serie UNO, permitió realizar la adquisición de datos y control de salidas mediante el uso de módulos que se llaman “*Conectar y medir*”, que a su vez van acoplados a una tarjeta de expansión o SHIELD, algunos de estos módulos se encuentran ya calibrados de fábrica, permitiendo una integración mucho más cómoda y rápida para así lograr un funcionamiento de forma correcta.

La agricultura de precisión ha ido creciendo en los últimos años, y esto gracias al vertiginoso desarrollo tecnológico que ha ido tomando el sector agropecuario, ya que continuamente se están buscando mecanismos para incentivar el trabajo en el

campo Colombiano, en miras de lo anterior se ha obtenido como resultado este proyecto, el cual es un sistema de acuaponía para tilapia y hortalizas varias en donde se consiguió un sistema rentable y productivo para la seguridad alimentaria intensiva de carácter urbano.

BIBLIOGRAFÍA

1. Rakocy, James E., Donald S. Bailey, R. Charlie Shultz and Eric S. Thoman. 2004. Update on tilapia and vegetable production in the UVI aquaponic system. p. 676-690. In: New Dimensions on Farmed Tilapia: Proceedings of the Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Held September 12-16, 2004 in Manila, Philippines.
2. University of the Virgin Islands—Short Course on Aquaponics. Recuperado (21 de Julio de 2016). Fuente: <http://rps.uvi.edu/AES/Aquaculture/UVIShortCourse.html>
3. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Integrating Fish and plant Culture SRAC Publication No. 454 Recuperado: (22 de Julio de 2016) Fuente: <http://srac.tamu.edu/tmppdfs/6807933-454fs.pdf>
4. G.W. Wardlow and D.M. Johnson, Enhancing Student Interests in the Agricultural Sciences through Aquaponics University of Arkansas, Department of Agricultural and Extension Education. Recuperado: 12 de Junio de 2016) Fuente: www.uark.edu/depts/aeedhp/agscience/aquart.pdf.
5. Ecological Engineering (Elsevier journal) Recuperado (el 23 de abril de 2016) Fuente: www.sciencedirect.com/science/journal/09258574.
6. McMurtry, M.R., D.C. Sanders, and R.G. Hodson. 1997. Effects of biofilter/culture tank volumen ratios on productivity of a recirculating fish/vegetable co-culture system. Journal of Applied Aquaculture. Vol. 7, No. 4.p. 33–51.

ANEXOS

Anexo A. Documentación del programa Arduino:

- Arduino: Usamos para el procesamiento de la información este programa, que tiene una plataforma de Hardware libre de la misma forma que su entorno de desarrollo, pues Arduino permite la descarga gratuita desde su página principal (www.arduino.cc).



This document explains how to connect your Arduino board to the computer and upload your first sketch.

- 1 | Get an Arduino board and USB cable
- 2 | Download the Arduino Software (IDE)
- 3 | Connect the board
- 4 | Install the drivers
- 5 | Launch the Arduino application
- 6 | Open the blink example
- 7 | Select your board
- 8 | Select your serial port
- 9 | Upload the program

El gestor de descarga del software Arduino nos permite instalarlo a través de su página principal, específicamente en: www.arduino.cc/guide/windows dependiendo el sistema operativo que lleves instalado en el equipo.

Al final de la paginación de la página de Arduino, se explica los términos de licencia y de los ejemplos descargados junto con el programa de la siguiente forma:



You might also want to look at:

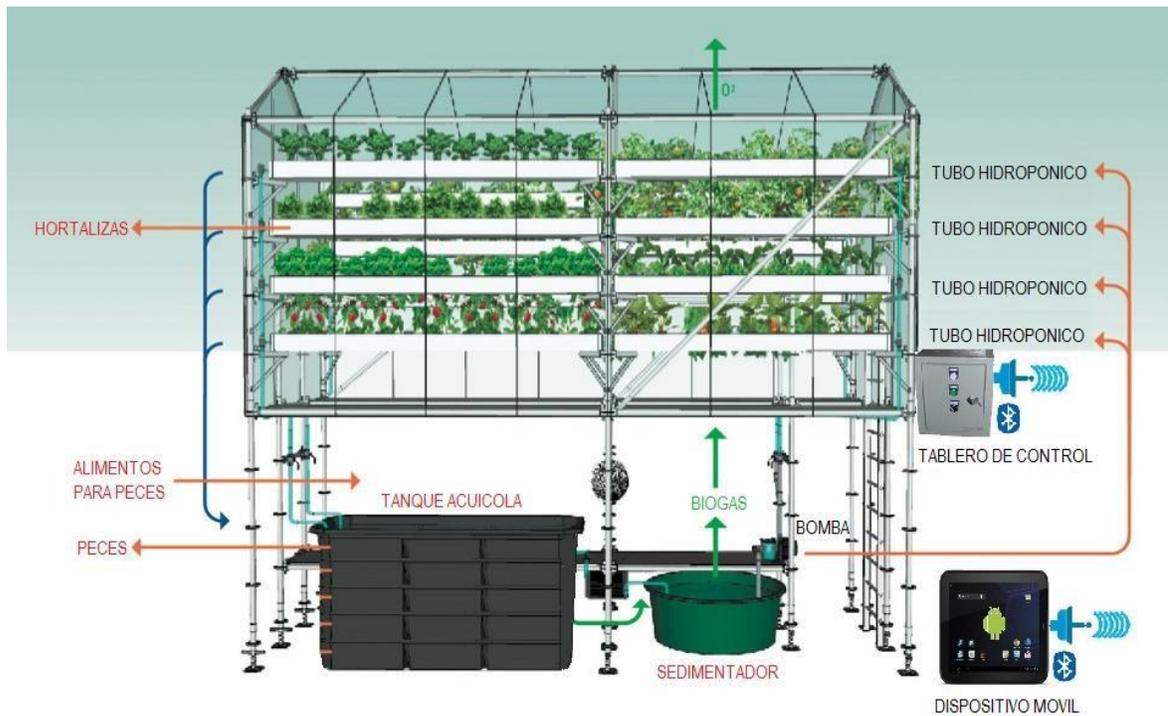
- the [examples](#) for using various sensors and actuators
- the [reference](#) for the Arduino language

The text of the Arduino getting started guide is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 License](#). Code samples in the guide are released into the public domain.

Share



Anexo B. Esquema del sistema de acuaponía SA50-2014.



Anexo C. Manual del temporizador MT848-1

GENERAL INFORMATION

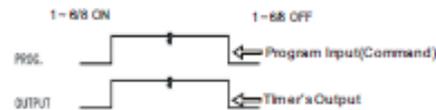
This 35 mm Din-Rail Mount Digital Timer series can be produced for wide range of power supply sources, from 240Vac to 12Vdc, output format is produced with volt-free contact.

Equipped with Lithium CR2032 to provide programming memory backup. (battery is irreplaceable)



TM-848-series

This Digital Timer is accurate to the minute, designed with 8 ON/OFF(event) per day Graphic description, as below:

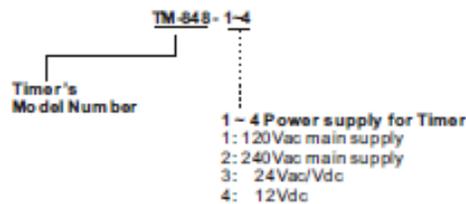


Also, it provides 15-combination of Daily-Programs which can leads great convenience to users upon choosing desired DAYS of WEEK.

1.	MO	TU	WE	TH	FR	SA	SU
2.	MO						
3.	TU						
4.		WE					
5.			TH				
6.				FR			
7.					SA		
8.						SU	
9.	MO	TU	WE	TH	FR		
10.						SA	SU
11.	MO	TU	WE	TH	FR	SA	
12.	MO	TU	WE				
13.				TH	FR	SA	
14.	MO		WE		FR		
15.	TU		TH		SA		

DESCRIPTIONS TO MODEL CODE

Advise factory upon ordering, for requirements of 12H or 24H clock format



PROGRAMMING THE TIMER #1

A. Functional description to buttons on panel

- TIMER**: Programs review & setting programs
- MANUAL**: To select "ON/AUTO or OFF"
- CLOCK**: To adjust current DAY and TIME
- Day**: To adjust day of week
- HOUR**: To adjust Hour
- MIN**: To adjust minute
- ☒**: Reset Timer's setting
- LED (POWER)**: To indicate ON/OFF status

Press **☒** button to reset Timer before programming

B. Adjusting CLOCK

Press and hold **CLOCK** and then press **DAY** key, **HOUR** key, **MIN** key respectively to adjust clock of Timer to accurate DATE, HOUR, MINUTE. In 12-Hour-Format, **PM** & **AM** shall appear on LCD screen. In 24-Hour-Format LCD screen shall indicate 0:00-23:59

C. Start to programming the TIMER

- Press **TIMER** key, LCD screen shall show
- Press **DAY** key to select any of 15-combination of Daily-Programs to your application demand. Continuing to press **DAY** key, LCD shall alternating indicate among 15-combinations.
- Press **HOUR**, **MIN** respectively to set desired Hour and Minute for 1^{OFF}
- After finished setting of 1^{OFF} , Press **TIMER** key again,
- Press **DAY** key to select any of 15-combination of Daily-Programs to your application demand. Continuing to press **DAY** key, LCD shall alternating indicate among 15-combinations.

Day-combination chosen in each of ON/OFF program-period must be consistent.

- Repeat Programming procedure "3" to set desired Hour & Minute for 1^{OFF}
- When finished setting 1^{OFF} & 1^{OFF} , Press **TIMER**,
- Repeat programming procedure above to complete rest of ON/OFF program-period(event)

or just to the desired number of ON/OFF(event) setting for demand of practicable application.
- When finished program-setting(event), press **CLOCK**, Timer shall start to execute programs.

D. To review programs

Keep to press **TIMER**, display on LCD screen shall alternating display among each of 8 ON/OFF

Anexo D. Código implementado en el microcontrolador ATMEL.

```
#include <NewPing.h>

#define TRIGGER_PIN 12
#define ECHO_PIN 11
#define MAX_DISTANCE 250

NewPing sonar(TRIGGER_PIN, ECHO_PIN, MAX_DISTANCE);

char inbyte = 0;
float uS;
float set_point=0.35;

int recirculacion = 10;
int vaciado = 9;
int llenado = 8;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(recirculacion,OUTPUT);
  pinMode(vaciado,OUTPUT);
  pinMode(llenado,OUTPUT);
  //pinMode(7,OUTPUT);
}

void loop() {

  uS = sonar.ping();
  Serial.print("Tanque 1: ");
  Serial.print((uS / US_ROUNDTRIP_CM)/100);
  Serial.print("m");
  Serial.println();
  control(set_point,uS);
  recibirdatos(uS);
}

void control(float valor_set_point, float nivel)
{
  // Creamos la deadband
  float limite_inferior=valor_set_point-0.2;
  float limite_superior=valor_set_point+0.2;

  if(nivel = set_point){
```

```

    digitalWrite(vaciado,LOW);
    digitalWrite(llenado,LOW);
}

else if(nivel>limite_inferior && nivel<limite_superior)
{
    digitalWrite(vaciado,LOW);
    digitalWrite(llenado,LOW);
}
else if(nivel<limite_inferior)
{
    digitalWrite(vaciado,HIGH);
    digitalWrite(llenado,LOW);
}
else if(nivel>limite_superior)
{
    digitalWrite(vaciado,LOW);
    digitalWrite(llenado,HIGH);
}
}

void recibirdatos (float nivel){
    if (Serial.available() > 0)
    {
        inbyte = Serial.read();

        switch(inbyte)

        {
            case '0':
                digitalWrite(recirculacion,HIGH);

            case '1':
                digitalWrite(recirculacion,LOW);

            case '2':
                while(nivel<0.55)
                {
                    digitalWrite(vaciado,HIGH);
                }
                digitalWrite(vaciado,LOW);
                control(set_point,uS);

```

```
case '3':  
while(nivel<0.76)  
{  
    digitalWrite(vaciado,HIGH);  
}  
digitalWrite(vaciado,LOW);  
control(set_point,uS);  
}  
  
}  
}
```