

**AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA
ACUAPÓNICO SUSTENTABLE MEDIANTE EL USO
DE HARDWARE Y SOFTWARE**

TITULACIÓN INTEGRAL

TESIS

**que para obtener el título de
INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**

**Presenta
JOSÉ DE JESÚS ARELLANO MAGAÑA**

No. de Control: 141000305

Mazatlán, Sin., Octubre de 2019

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría que estas líneas sirvieran para expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo, en especial a M.C. Miguel Ángel Barrón Hernández, asesor de esta investigación, por la orientación, el seguimiento y la supervisión continúa de la misma, pero sobre todo por la motivación y la confianza junto con su apoyo recibido.

Así mismo quiero agradecer a mis revisores MC. Verónica Amezcua Magallón y a M.T.I José Luis Guadalupe Triana Hernández por su apoyo y sugerencias a lo largo del proyecto.

También quiero dar las gracias a los profesores DR. Rene Rodríguez Zamora por sus consejos y orientación a lo largo de mi estancia en el tecnológico de Mazatlán.

Un agradecimiento muy especial para mi esposa Neyra Lizet Castañeda Valadez por tu afectó y tu cariño son los detonantes de mi felicidad, de mi esfuerzo, de mis ganas de buscar lo mejor para ti y nuestro hijo. Aún con tampoco tiempo que hemos estado juntos me has enseñado y me sigues enseñando muchas cosas de esta vida.

Te agradezco por ayudarme a encontrar el lado dulce y no amargo de la vida. Fuiste y seguirás siendo mi motivación más grande para lograr concluir con éxito este proyecto de tesis.

Gracias, bebé te amo.

ÍNDICE

CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN.

1.1.- Introducción	2
1.2.- Planteamiento del problema.....	3
1.3.- Justificación	6
1.4.- Objetivo general.....	6
1.5.- Objetivos específicos.	6
1.6.- Hipótesis.....	7

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.

2.1.- Metodología	9
2.2.- Tipos de metodología de investigación	10
2.2.1- Metodología cuantitativa	10
2.2.2- Metodología cualitativa	11
2.2.3- Metodología mixta.....	12
2.3- Tipos de investigación	12
2.3.1- Investigación exploratoria	12
2.3.2- Investigación descriptiva.....	12
2.3.3- Investigación explícita.....	12
2.3.4- Investigación aplicada.....	13

CAPÍTULO III.- MARCO TEÓRICO.

3.1- Tipos de software libre... ..	15
3.1.1- Python	15
3.1.2- ABB.....	16
3.1.3- Arduino	17
3.1.4 -Hardware.....	18
3.2- Tipos de sensores.....	24
3.2.1- Sensor de temperatura de agua.....	24
3.2.2- Sensor PH.....	25

Capítulo IV.- Diseño y Construcción del prototipo

4.1.- Introducción.....	29
4.2.- Construcción sistema hidropónico	30
4.3.- Instalación de Sensores.....	33

Capítulo V.- Experimentación

5.1.- Introducción	36
5.2.- Integración del sistema con Arduino	38
5.3.- Conclusiones... ..	41

Capítulo VI.- Trabajos Futuros.

6.1.- Trabajos futuros.....	43
-----------------------------	----

Bibliografía	44
---------------------------	-----------

Índice de tablas y figuras

Figuras

Imagen 1 Python.....	15
Imagen 2 ABB	16
Imagen 3 Arduino	17
Imagen 4 Arduino UNO.....	18
Imagen 5 Arduino DUE... ..	18
Imagen 6 Arduino Leonardo.....	19
Imagen 7 Arduino Mega 2560.....	19
Imagen 8 Arduino Mega ADK	20
Imagen 9 Arduino Micro.....	20
Imagen 10 Arduino Nano.....	21
Imagen 11 Arduino YUN	21
Imagen 12 Arduino FIO.....	22
Imagen 13 Sensor de temperatura.....	24
Imagen 14 Sensor de PH... ..	25
Imagen 15, Tubería de PVC de 4	30
Imagen 16, Orificios en tubería de PVC.....	30
Imagen 17, Cejilla para forma represa.....	31
Imagen 18, Armado sistema hidropónico.....	31
Imagen 19, Sistema hidropónico armado.....	32
Imagen 20, Sensor PH.....	33
Imagen 21, Sensor temperatura.....	33
Imagen 22, Sensor PH y temperatura dentro de pecera.....	34
Imagen 23, Tabla PH.....	36
Imagen 24, Bomba en pecera.....	37
Imagen 25, IDE de Arduino.....	38
Imagen 26, Arduino	38
Imagen 27, Arduino conectado con sensores y PH en agua.....	39
Imagen 28, Sistemas acuapónico ensamblado.....	39
Imagen 29, Pez Tilapia en pecera	40
Imagen 30, Luz especial para cultivos indoors	40

Tablas

Tabla 1 Tabla comparativa 23

Tabla 2 Tabla de PH..... 26

Tabla 3 Especificación de sonda..... 26

Tabla 4 Pines..... 27

CAPÍTULO I

1.1.- INTRODUCCIÓN

Esta investigación se basa en el desarrollo y crecimiento de diferentes especies vegetales, así como producción de peces, utilizando la técnica de cultivo acuaponía (producción sostenible de plantas y peces).

Es importante mencionar que dicha investigación estará enfocada en la automatización del sistema acuapónico y en la recopilación de información, que genera los diferentes sensores que fueron colocados en el sistema de Acuaponía, tales como medidor de PH y temperatura, cada uno estará mostrando un comportamiento de dicha información nos brindara los elementos necesarios para la toma de decisiones y poder mantener un equilibrio sustentable entre las plantas y los peces.

Los nutrientes que se van a emplear para lograr un buen crecimiento y desarrollo de las plantas, consiste en las secreciones de los peces, las cuales se acumulan en la pecera, el agua será bombeada a la primera tubería donde se encuentran los cultivo y de ahí a través de la fuerza de gravedad fluirán de una tubería a otra para posteriormente regresar al estanque donde se encuentran los peces y repetir el ciclo. Existen diferentes plantas que pueden ser empleadas en los sistemas acuapoónicos tales como: lechuga, cilantro, pepino, tomate, sandía, chayotes, entre otros vegetales; el tipo de peces que se emplearán para este proyecto será la tilapia.

1.2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad uno de los problemas que presenta nuestra sociedad es el uso de suelos y agua para el cultivo de frutas y verduras en los llamados huertos urbanos, ya que en la actualidad la sociedad tiende a adquirir frutas y verduras que no empleen demasiados químicos, los así llamados productos orgánicos, mediante el sensor de PH que estará leyendo su alcalinización de un rango de 6.5 a 7.5 y la temperatura no menor 18gr.y no mayor a 35gr.

En el sector agrícola se ha venido desarrollando tecnología tanto en maquinaria, como en la manipulación de las plantas o semillas, estos avances tecnológicos no son nuevos se llevan produciendo desde hace bastante tiempo y debido al continuo avance, han surgido nuevos procesos de agricultura, tales como:

Hidroponía:

Se define como la agricultura sin suelo, un método para cultivar plantas utilizando disoluciones minerales.

Existen 3 principales tipos de técnica hidropónica:

Nft:

Permite cultivar hortalizas en tubos redondos o cuadrados de PVC, utilizando agua con nutrientes sin ningún tipo de sustrato, es decir, la planta dispone directamente de los minerales que necesita para su crecimiento.

Raíz Flotante:

Permite cultivar hortalizas en cajones de madera o plástico, sobre una placa de unicel que flota en agua con nutrientes, facilitando el manejo y el espacio del que se dispone.

En Sustrato:

Es de las más utilizadas para cultivar hortalizas como los jitomates, ya que por el tamaño no se pueden cultivar en las técnicas antes mencionadas; permite utilizar sustratos como tezontle, agrolita, peat moss, vermiculita, entre otros.

La hidroponía hace posible cultivar incluso en forma casera, ya que los cultivos hidropónicos se adaptan a cualquier tipo de espacio y condiciones

Network Information Center, (1991)

Acuaponía:

Se deriva de la combinación de las palabras “acuicultura” (producción de organismos acuáticos) y ‘hidroponía’ (producción de plantas sin suelo). Es un sistema sustentable de producción de plantas y peces.

El sistema es el siguiente: los peces producen el compostaje o fertilizante de la tierra, una vez expulsan los desechos de lo que comen, ricos en nutrientes. Dicho de otra manera, las personas dan de comer a los peces para que estos den de comer, después, a las personas. El ciclo de la vida.

Así, el ‘fertilizante’ natural que expulsan los peces es bombeado hacia la parte superior, donde son absorbidos por las plantas. Al mismo tiempo, las raíces purifican el agua cuando retiran dichos nutrientes, el cual vuelve hacia abajo, a donde están los peces. De esta manera no hace falta introducir agua limpia cada semana.

NetEarth One, (2011)

Dichos sistemas acuapónicos e hidroponía, han migrado, esto significa que ya no son de uso exclusivo para los agricultores, estos sistemas han sido adoptados por algunos sectores de la sociedad con inquietud de realizar estos sistemas y que no cuentan con algún tipo de jardín en donde puedan sembrar de manera convencional, convirtiendo a estos sistemas en una mejor alternativa.

Por tal motivo para la realización de este proyecto se decidió por el sistema acuapónico, el cual es una combinación de ambas tecnologías, esto representa los siguientes problemas a resolver para la creación de dicho sistema:

Para el diseño de la estructura es necesario seleccionar que tipo de tubería es la más ideal para el cultivo de las plantas y el más óptimo, existen varias en el mercado como tubos de PVC, cobre, bronce.

En cuanto a los peces que se emplearán en este sistema acuapónico se plantea una interrogante ya que se debe de seleccionar el pez que no necesite de muchos cuidados y que sea resistente, existen una gran variedad de peces de ornato, continuando con los peces también es necesario seleccionar que tipo de pecera es la adecuada para este proyecto, ya que son un componente clave en todas las unidades de acuaponía. Cualquier pecera (o tanques) funcionará, pero se recomiendan peceras de fondos planos o cónicos porque son más fáciles de limpiar.

En la parte tecnológica es necesario determinar que software libre es el adecuado para llevar a cabo este proyecto, así como el hardware libre que funcionará como actuador, de igual manera es necesario seleccionar los sensores que interactuarán con el sistema acuapónico, ya que ellos son los que nos brindarán la información necesario que permitirán automatizar el sistema.

1.3.- JUSTIFICACIÓN.

La Importancia de explorar nuevas alternativas de producción de alimentos encaminadas a un desarrollo sustentable para proteger el medio ambiente. La acuaponía consiste de dos partes principales: la acuicultura, para criar especies acuáticas, y la hidroponía, para cultivar plantas. Los desechos acuáticos resultantes de la alimentación de los peces se acumulan en el agua la cual recirculará por el sistema. Las aguas llenas en altas concentraciones pueden ser tóxicas para los peces; sin embargo, constituyen una fuente de nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas.

La acuaponía reemplaza el suelo por un mecanismo que permite la producción de plantas comestibles en zonas no existen los medios para realizar un cultivo tradicional y al mismo tiempo se podrá realizar el producción de peces, de esta manera se podrán producir dos productos al mismo tiempo, verduras y peces.

1.4.- OBJETIVOS GENERALES

Analizar y diseñar un sistema autónomo acuapónico, empleando hardware y software libre, para el desarrollo de un sistema sostenible, ecológico y orgánico de cultivar verduras y mantener peces en buen habitat protegiendo de cambios climático y la acides del agua entonces cuando tenga un mayor acides se accionara la bomba donde tendrá un recirculado.

1.5.- OBJETIVOS ESPECÍFICO

- Analizar y seleccionar el hardware y software libre que mejor se adapte a las necesidades de este proyecto.
- Análisis, diseño y armado del prototipo del sistema acuapónico
- Selección de plantas que se adecúe al sistema acuapónico.
- Analizar qué tipo de peces son los idóneos para el sistema acuapónico.

1.6.- HIPOTESIS

Es posible realizar la automatización de un sistema acuapónico para lograr la lectura de temperatura y PH mediante el uso de arduino será sostenible de los cultivos de verduras y mantener una producción de peces, mediante el uso de software y hardware libre.

CAPÍTULO II

2.1.- METODOLOGÍA

Según ecured.cu (2004) **Metodología**. Parte del proceso de investigación o método científico, que sigue a la propedéutica, y permite sistematizar los métodos y las técnicas necesarias para llevarla a cabo. Los métodos elegidos por el investigador facilitan el descubrimiento de conocimientos seguros y confiables que, potencialmente, solucionarán los problemas planteados

La metodología ha obtenido diferentes definiciones o conceptos en diferentes campos y especialidades, aunque estos siempre han mantenido la esencia del concepto principal.

Definición de Metodología: Ciencia que estudia los métodos del conocimiento.

Definición de Metodología: Aplicación coherente de un método. Conjunto de métodos utilizados en la investigación científica.

Definición de Metodología: Método, conjunto de operaciones. En pedagogía, estudio de los métodos de enseñanza.

2.2.- TIPOS DE METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

2.2.1- Metodología Cuantitativa

Este método analiza los conflictos sociales y el hecho económico como universo complejo, dicho método utiliza números para examinar datos o información, por lo cual es utilizado por las ciencias exactas como lo son la matemática, la informática y las estadísticas son las principales herramientas que utiliza, se basa en un tipo de pensamiento deductivo, que va desde lo general a lo particular, utilizando la recolección y análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente.

Utiliza como herramientas para la recolección de datos los cuestionarios y las entrevistas estructuradas y confía en la medición numérica, el conteo frecuente en el uso de estadísticas para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población.

Consta de 10 etapas:

- Concebir la idea a investigar.
- Plantear la problemática de investigación.
- Elaborar el marco teórico.
- Definir el tipo de investigación (exploratoria, descriptiva, correlacionar o explicativa) y hasta que nivel llegara.
- Establecer la hipótesis.
- Seleccionar el diseño apropiado de investigación.
- Selección de la muestra.
- Recolección de los datos.
- Analizar los datos.
- Presentar resultados.

2.2.2- Metodología cualitativa

Este método busca un concepto que pueda abarcar una parte de la realidad. Se trata de descubrir tantas cualidades como le sea posible y obtener un entendimiento lo más profundo posible. Se basa en la inducción probabilística del positivismo lógico, medición penetrante y controlada, objetiva con inferencias más allá de los datos , se distingue por ser confirmatoria, inferencial y deductiva, orientada al resultado con datos sólidos y repetibles.

Emplea como herramientas la:

- Observación participante.
- Entrevistas
- Informaciones claves.
- Grupos focales.
- Las biografías.
- Revisión de documentos oficiales.
- Estudio de casos.
- Cuestionarios
- Psicometría.

El proceso de investigación de este método consta de:

Una idea.

Un reporte.

Análisis de datos.

Trabajo de campo.

Muestra.

Diseño.

Exploración.

Problema.

Revisión de la literatura.

2.2.3- Metodología mixta

Esta metodología utiliza las fortalezas de ambos tipos de investigación combinándolas y tratando de minimizar errores, sus debilidades potenciales. Utiliza recolección y análisis de datos cualitativos y cuantitativos. Realiza inferencias, productos de toda la información recabada logrando un entendimiento del fenómeno bajo estudio.

Sus pasos son:

- Determinar la pregunta de investigación.
- Determinar el diseño mixto apropiado.
- Recoger la información o datos necesarios.
- Análisis e interpretación de datos.
- Legitimar los datos: triangulación, juicio de expertos.
- Sacar conclusiones o recomendaciones y brindar un informe final. LinkedIn,(2007)

2.3- TIPOS DE INVESTIGACIÓN

2.3.1- Investigación exploratoria: Recibe este nombre la investigación que se realiza con el propósito de destacar los aspectos fundamentales de una problemática determinada y encontrar los procedimientos adecuados para elaborar una investigación posterior. Es útil desarrollar este tipo de investigación porque, al contar con sus resultados, se simplifica abrir líneas de investigación y proceder a su consecuente comprobación.

2.3.2- Investigación descriptiva: Mediante este tipo de investigación, que utiliza el método de análisis, se logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, señalar sus características y propiedades. Combinada con ciertos criterios de clasificación sirve para ordenar, agrupar o sistematizar los objetos involucrados en el trabajo indagatorio. Al igual que la investigación que hemos descrito anteriormente, puede servir de base para investigaciones que requieran un mayor nivel de profundidad.

2.3.3- Investigación explicativa: Mediante este tipo de investigación, que requiere la combinación de los métodos analítico y sintético, en conjugación con el deductivo y el inductivo, se trata de responder o dar cuenta de los porqué del objeto que se investiga.

2.3.4- Investigación aplicada: Este tipo de investigación también recibe el nombre de práctica o empírica. Se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren. La investigación aplicada se encuentra estrechamente vinculada con la investigación básica, pues depende de los resultados y avances de esta última; esto queda aclarado si nos percatamos de que toda investigación aplicada requiere de un marco teórico. Sin embargo, en una investigación empírica, lo que le interesa al investigador, primordialmente, son las consecuencias prácticas. ecured.cu, (2004)

Analizando las diferentes metodologías métodos y técnicas se llegó a la conclusión que es factible emplear el tipo de investigación aplicada ya que el método cumple con el fin de dar una utilidad a la problemática que se presenta al igual estará efectuando la investigación mixta porque el mismo requiere lograr un entendimiento para recabar datos y analizar llevándola a una manera más objetiva donde se mezcla los enfoques cuantitativo y cualitativo.

Actualmente en el mercado existe una gran variedad de lenguaje de programación, propietarios y de uso libres los cuales nos ayudan a desarrollar diferentes aplicaciones y programas.

CAPÍTULO III

3.1- TIPOS DE SOFTWARE LIBRES

3.1.1- PYTHON

Python: es un lenguaje de programación creado por Guido van Rossum en el año 1991, la extensión de los creados en él es. **py**. Se compara habitualmente con Tcl, Perl, Scheme, Java y Ruby. En la actualidad Python se desarrolla como un proyecto de Código abierto, administrado por la Python Software Foundation. La última versión estable del lenguaje es la 3.2.2. Python es considerado como la "oposición leal" a Perl, lenguaje con el cual mantiene una rivalidad amistosa. Los usuarios de Python consideran a éste mucho más limpio y elegante para programar.



Imagen 1, IDE de Python

https://www.google.com/search?rlz=1C1CHBF_esMX815MX815&biw=1366&bih=695&tbm=isch&sa=1&ei=rpLQXLnvEoSAtQWR2JvYDA&q=python+&og=python+&gs_l=img.3..0i67j0i2j0i67j0i6.1787.2156..2759...0.0..1.929.2252.5-1j2.....0....1..gws-wiz-img.m0DcivoETSs#imgsrc=6gL-m2EeEpxmGM:

Características

Python permite dividir el programa en módulos reutilizables desde otros programas Python. Viene con una gran colección de módulos estándar que se pueden utilizar como base de los programas (o como ejemplos para empezar a aprender Python). También hay módulos incluidos que proporcionan E/S de ficheros, llamadas al sistema, Sockets y hasta interfaces a GUI como Tk, GTK, Qt entre otros.

Python se utiliza como lenguaje de programación interpretado, lo que ahorra un tiempo considerable en el desarrollo del programa, pues no es necesario compilar ni enlazar. El intérprete se puede utilizar de modo interactivo, lo que facilita experimentar con características del lenguaje, escribir programas desechables o probar funciones durante el desarrollo del programa. ecured.cu, (2004)

3.1.2- ABB

Según Grupo ABB - Tecnologías digitales líderes para la industria, (2001), Asea se funda en Estocolmo en 1883. Brown Boveri se funda en Zúrich en 1891, en 1988 ambas compañías se unen para formar ABB.



Imagen 2, IDE de ABB,
https://www.google.com/search?rlz=1C1CHBF_esMX815MX815&biw=1366&bih=695&tbm=isch&sa=1&ei=rplQXLnvEoSAtQWR2JvYDA&q=abb&oq=abb&gs_l=img.3..0l5j0l67j0l4.350.2387..3080...0.0.0.1619.3957.0j1j0j1j6-1j1j1.....0.....1..gws-wiz-

ABB es una empresa de tecnología que ofrece una gama completa de herramientas de software de fácil uso que le ayudan a mejorar el proceso, optimizar la producción, aumentar la productividad, reducir los riesgos y maximizar el retorno de la inversión de sus sistemas robotizados.

Proporciona tecnologías, para la generación, transporte y distribución de energía de una forma eficiente y segura, así como para incrementar la productividad y disminuir el coste total de la instalación y operación de una solución basada en un robot de las industrias, y compañías de servicios básicos (agua, gas y electricidad).

ABB ha desarrollado una familia de productos de software para cada etapa del ciclo de vida del robot para una amplia gama de aplicaciones.

- Aplicaciones de alimentación de máquinas.
- Herramientas de software integrado para alimentación de máquinas robotizadas.
- El software facilita la programación y es flexible su configuración y una operación sin problema

3.1.3- ARDUINO

Según Veiss, (2011) Es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

Arduino puede tomar información del entorno a través de sus entradas y controlar luces, motores y otros actuadores.

El microcontrolador en la placa Arduino se programa mediante el lenguaje de programación Arduino basado en Wiring y el entorno de desarrollo Arduino basado en *Processing*.

Los proyectos hechos con Arduino pueden ejecutarse sin necesidad de conectar a un computador.



Imagen 3, IDE de arduino, Fuente: <https://ubunlog.com/wp-content/uploads/2018/05/ARDUINO-Windows-Store.png>

Es posible utilizar otros lenguajes de programación y aplicaciones populares en Arduino, debido a que Arduino usa la transmisión serial de datos soportada por la mayoría de los lenguajes de programación.

Para los que no soportan el formato serie de forma nativa, es posible utilizar software intermediario que traduzca los mensajes enviados por ambas partes para permitir una comunicación fluida.

3.1.4- HARDWARE

De las diferentes arquitecturas de arduinos que existen el mercado encontramos las siguientes:

Arduino UNO:

Arduino de gama básica, todas las *shields* están diseñadas para usarse sobre esta placa. Cuenta 14 pines entrada/salidas digitales de las cuales 6 se pueden usar como PWM, además cuenta con 6 entradas analógicas, además cuenta con I2C, SPI, además de un módulo UART.

Imagen 4, Fuente: <https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi86f3yqtrfAhXxHjQIHVAHBAUQjRx6BAGBEAU&url=https%3A%2F%2Ftienda.bricogeek.com%2Farduino%2F305-arduino-uno-805833349009.html&psig=AOvVaw2mqkSJg9IMZ1wxYEG-WQvm&ust=1546904524523320>

Arduino DUE:

Arduino basado en un microcontrolador de 32 Bits, Tiene 54 entradas/salidas digitales y 12 entradas analógicas, 2 buses TWI, SPI y 4 *UARTs*. Funcionan todos los módulos basados en 3.3V, no soporta 5V ya que puede dañar la placa. Posee adicionalmente interno dos puertos USB para poder controlar periféricos.



Imagen 5, Fuente: https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjs27nznrfAhVOhq0KHauUCVkJR6BAGBEAU&url=https%3A%2F%2Fwww.botnroll.com%2Fen%2Farduino-boards%2F411-arduino-due.html&psig=AOvVaw1rJQxM2xPFWLsOiz7dZp_G&ust=1546905147631171

Arduino Leonardo:

Arduino básico, Con características similares la Arduino, sin embargo tiene 12 entradas analógicas y 20 entrada salidas digitales. A diferencias del resto de arduinos con el microcontrolador ATmega32u4 en que no posee un controlador adicional para controlar el USB. Además tiene más pines de interrupciones externas. Tiene comunicación TWI, SPI y dos UART.



Imagen 6, Fuente:

<https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjUk4CRtrfAhUC1qwKHaFID14QjRx6BAGBEAU&url=https%3A%2F%2Fwww.element14.com%2Fcommunity%2Fdocs%2FDOC-89075%2F%2Fdevelopment-board-for-arduino-micro&psig=AOvVaw1vYIMKSKiCqYaBhWUVGrn&ust=1546905479382363>

Arduino Mega 2560:

Arduino basado en un microcontrolador ATmega2560. Tiene 54 entradas/salidas digitales, 16 de ellos pueden usarse como PWM, 16 entradas analógicas y 4 UART además dos modos PWI y uno SPI. Tiene 6 interrupciones externas. Y es compatible con todos los *shields* de arduino.



Imagen 7, Fuente:

<https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjtlQor9rfAhVNSK0KHR8hDuIQjRx6BAGBEAU&url=https%3A%2F%2Fwww.330ohms.com%2Fproducts%2Farduino-mega-2560-r3&psig=AOvVaw1MSDISYLMQ5qtx50oJqWNp&ust=1546905797921395>

Arduino Mega ADK:

Exactamente igual que el arduino Mega 2560 pero con la diferencia de que en este caso se tiene la posibilidad de USB Host.



Imagen 8, Fuente:

https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj8orCIsNrfAhVQA6wKHxhLB2QQjRx6BAgBEAU&url=https%3A%2F%2Farticulo.mercadolibre.com.pe%2FMPE-430696616-arduino-mega-adk-rev3-compatible-_JM&psig=AOvVaw255EmLHRKgfYd2RhG0-XG&ust=1546905938578583

Arduino Micro:

Es completamente similar al Leonardo, la única diferencia es el tamaño con el que fue construido. Es compatible con las *Shields* de Arduino, sin embargo, se debe instalar de forma externa, es decir, cableándolo, aunque en el caso de que se construya nuestra propia *shield* no es ningún problema.

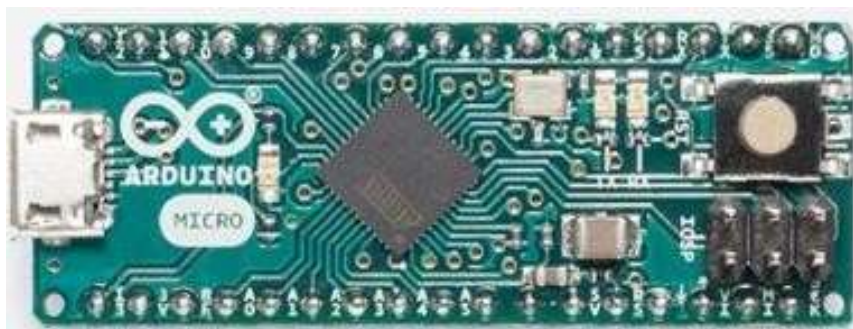


Imagen 9, Fuente:

https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwibu8bQsNrfAhVMZawKHWXhB3MQjRx6BAgBEAU&url=https%3A%2F%2Fstore.arduino.cc%2Fusa%2Farduino-micro&psig=AOvVaw3D_nqw3xJ7rfedaocWTCY1&ust=1546906138695027

Arduino Nano:

Arduino basado en un microcontrolador ATmega328. Es similar en cuanto a características al Arduino uno. Las diferencias son tanto el tamaño como la forma de conectarlo al ordenador para programarlo. Es compatible con la mayoría de *shield*, aunque de la misma forma que el Arduino Micro.

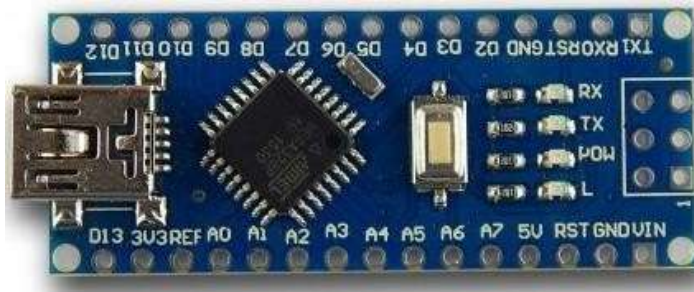


Imagen 10, Fuente:

https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwig6pK4sdrfAhUROa0KHUOhAnAQjRx6BAgBEAU&url=https%3A%2F%2Fwww.indiamart.com%2Fprodetail%2Farduino-nano-17201939755.html&psig=AOvVaw3ravIVfPazIXy_jjHh8FvE&ust=1546906313651421

Arduino YUN:

El Arduino YUN se trata de un conjunto que trabaja por separado de forma complementaria, por un lado, se tiene la versatilidad de un Arduino normal. En este caso un ATmega 32u48 a 16 Mhz, y por otro lado de un dispositivo con microprocesador Atheros AR9331. El cual funciona con Lilino (Linux basado en OperWrt (OperWrt-Yun)) a 400 Mhz. Las características del Arduino son similares a la placa Leonardo. Tiene Ethernet, slot SD y WiFi incluidos, controlados por Lilino. Es compatible con todas las *Shields* y es capaz de trabajar por separado.



Imagen 11, Fuente:

https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiN1PKistrfAhXWFzQIHxIgDpcQjRx6BAgBEAU&url=https%3A%2F%2Fwww.adafruit.com%2Fproduct%2F1498Professional%3Fhidden%3Dyes%26main_page%3Dproduct_info%26part_id%3D1498&psig=AOvVaw31gvEtUBKAmQMUdbJpDtGj&ust=154690659003

Arduino FIO:

Arduino basado en un microcontrolador ATmega328p. Trabaja a 8 Mhz y 3.3V tiene 14 pines de entrada/salida digitales (6 PWM), 8 pines de entrada analógicas e integra tanto un conector para la batería y su correspondiente modulo de carga, como un slot para poder instalar un modulo de comunicaciones xBee. Tiene UART TTL e interrupciones lo que nos permite también ponerlo en modo *Sleep*, permite también poner el XBEE en modo Sleep, reduciendo el consumo total. Además posee tanto TWI (I2C) como SPI. Unas ventajas importantes de este dispositivo son el bajo consumo en *Sleep* y el poder programarlo mediante XBEE, sin necesidad conectarlo físicamente al ordenador.

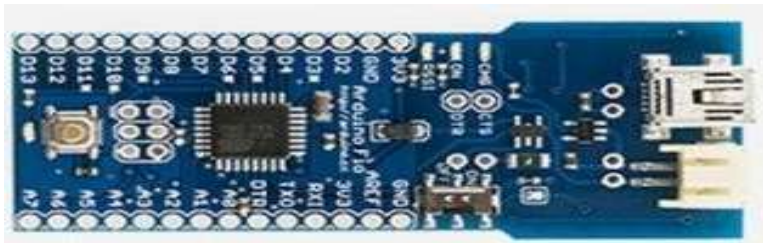


Imagen 12, Fuente:

https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjtn8_ustrfAhWSHzQIHRz1DrsQjRx6BAGBEAU&url=https%3A%2F%2Fstore.arduino.cc%2Fusa%2Farduino-fio&psig=AOvVaw0I7Qi-

Automatic, Inc., (2000)

Tabla Comparativa de modelos de Arduino

Modelo	Microcontrolador	Voltaje de entrada	Voltaje del sistema	Frecuencia de Reloj	Digit al I/O	Entradas Analógicas	Memoria Flash
Arduino Due	AT91SAM3X8E	5-12V	3.3V	84MHz	54	12	512Kb
Arduino Leonardo	ATmega32U4	7-12V	5V	16MHz	20	12	32Kb
Arduino Uno - R3	ATmega328	7-12V	5V	16MHz	14	6	32Kb
Arduino Pro 5V/16MHz	ATmega328	5 - 12V	5V	16MHz	14	6	32Kb
Arduino Mega 2560 R3	ATmega2560	7-12V	5V	16MHz	54	16	256Kb
Mega Pro 3.3V	ATmega2560	3.3-12V	3.3V	8MHz	54	16	256Kb
Mega Pro 5V	ATmega2560	5-12V	5V	16MHz	54	16	256Kb
Arduino Mini 05	ATmega328	7-9V	5V	16MHz	14	6	32Kb
Arduino Fio	ATmega328P	3.35 - 12V	3.3V	8MHz	14	8	32Kb

Taba 1, IDE de arduinmo, Fuente: <https://ubunlog.com/wp-content/uploads/2018/05/ARDUINO-Windows-Store.png>uuphw&ust=1546909156213858

3.2- TIPOS DE SENORES

Hardware y software tiene una variedad de sensores con una compatibilidad tales como:

3.2.1- Sensor de temperatura de agua

Según HetPro-Store.com, (2005) El sensor de temperatura DS18B20 es un dispositivo que se comunica de forma digital. Cuenta con tres terminales: Vcc, GND y el pin Data. Este sensor utiliza comunicación por protocolo serial digital OneWire. Esté protocolo de comunicación permite enviar y recibir datos utilizando un solo cable. A diferencia de otros, que utilizan dos o más líneas de comunicación digital. Para leer el sensor con un Arduino es necesario utilizar dos librerías que deben ser instaladas antes de cargar el código a nuestra placa de desarrollo. Entonces las librerías son las siguientes

- Dallas Temperature.
- OneWire



Imagen 13, sensor de temperatura, Fuente: <https://i.ytimg.com/vi/Yq1J-exPp1I/hqdefault.jpg>

CARACTERÍSTICAS

Sensor Digital.

Resolución de 9 y 12 bits.

Rango de operación de -50 a 125 grados Centígrados.

Precisión +- 0.5 grados. Protocolo OneWire.

3.2.2- Sensor de PH

El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución, la escala de pH varía de 0 a 14. El PH indica la concentración de iones hidrógeno $[H]^+$ presentes en determinadas disoluciones. Se puede cuantificar de forma precisa mediante un sensor que mide la diferencia de potencial entre dos electrodos: un electrodo de referencia (de plata/cloruro de plata) y un electrodo de vidrio que es sensible al ion de hidrógeno. Esto es lo que formará la sonda. Además hay que utilizar un circuito electrónico para acondicionar la señal adecuadamente y que podamos usar este sensor con un microcontrolador. Scidle, (2008)



Imagen 14, sensor de pH, Fuente: https://http2.mlstatic.com/D_NP_925782-MLA27892100825_082018-Q.jpg

Tabla de Especificaciones de sonda del PH

Tipo de Electrodo	Rango de pH	Temperatura (°C)	Punto Cero (pH)	Tiempo de respuesta (min)	Ruido (mV)
65-1	0-14	0-80	7±1	<2	
BX-5	0-14	0-80	7X±11	<2	
E-201	0-14	0-80	7±0.5	<2	<0.5
E-201-C	0-14	0-80	7X±0.5	<2	<0.5
95-1	0-14	0-80	7X±0.5	<2	<0.5
E-900	0-14	0-80	7X±0.5	<2	<0.5

Tabla 2, IDE <https://scidle.com/es/como-usar-un-sensor-de-ph-con-arduino/>

Tabla de Especificación del circuito de PH

Voltaje de alimentación	5 V
Corriente	5-10 mA
Consumo	≤ 0.5 W
Temperatura de trabajo	10-50 °C
LED Verde	Alimentación
LED Rojo	Límite de pH

Tabla 3, IDE de <https://scidle.com/es/como-usar-un-sensor-de-ph-con-arduino/>

Tabla de Pines de PH

To	Temperatura
Do	Señal del límite de PH
Po	Valor de pH en V
G	Masa del circuito analógico
G	Masa de Alimentación
V+	Alimentación (5V)

Tabla 4, IDE de <https://scidle.com/es/como-usar-un-sensor-de-ph-con-arduino/>

HetPro-Store.com, (2005)

CAPÍTULO IV

4.1- INTRODUCCIÓN.

Como se ha mencionado con anteriormente existen diferentes aspectos a cubrir para poder llevar a cabo esta investigación, uno de estas variantes es la construcción del entorno de las plantas las cuales tendrán que estar colocadas en tubería PVC, aunque existen diferente materiales con los cuales se pueda realizar el ensamblaje tales como cobre, bronce o PVC, la mejor opción es el uso de tubería de PVC, debido a que su costo es más económico más moldeable, se empleara un tubo de PVC de 4", cabe mencionar que los tubos de cobre y bronce pueden contaminar la pecera y su vez las plantas al ir soltando residuos con el paso del tiempo.

Es importante mencionar que como cualquier sistema de acuario, existirá pérdida de agua debido a la evaporación, motivo por el cual sólo hay que reponer el líquido que se vaya perdiendo.

En los sistemas hidropónicos es necesario emplear soluciones nutritivas para el crecimiento de las plantas, con el sistema acuapónico, no es necesario emplear dichas soluciones nutritivas debido a que los desechos de los peces servían para fertilizar las plantas.

4.2.- CONSTRUCCIÓN SISTEMA HIDROPÓNICO

El funcionamiento del sistema es sumamente sencillo, es necesario construir el sistema hidropónico por donde circulará el agua con los nutrientes necesarios, los cuales brindará a las plantas un mejor desarrollo, es importante mencionar que las plantas no deben de permanecer en seco, motivo por el cual los ductos siempre deben de contener agua para que las plantas no se sequen y mueran.

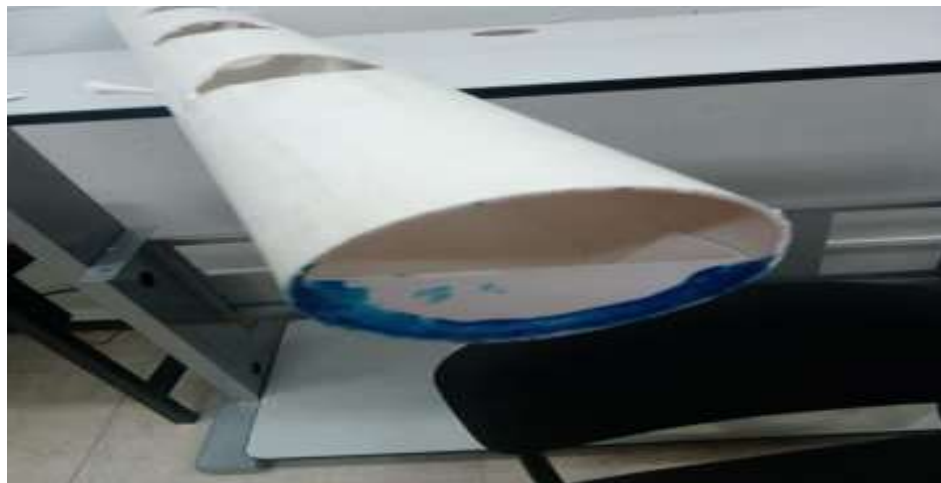


Imagen 15, tubería de PVC de 4", fuente: propia.

Una vez resuelto el problema referente a la selección del material para construir el sistema hidropónico se procedió con el armado del prototipo el cual es una parte de este proyecto.

Como se puede observar en la siguiente imagen es necesario colocar los orificios donde estarán situadas los vegetales



Imagen 16, orificios en tubería de PVC, Fuente: propia

Como se mencionó anteriormente dentro del sistema hidropónico, siempre debe de contener líquido para que los vegetales que ahí se sembrarán no se sequen y mueran, por tal motivo se le colocó una cejilla que funcionara como represa dentro de la tubería de PVC para conservar el líquido

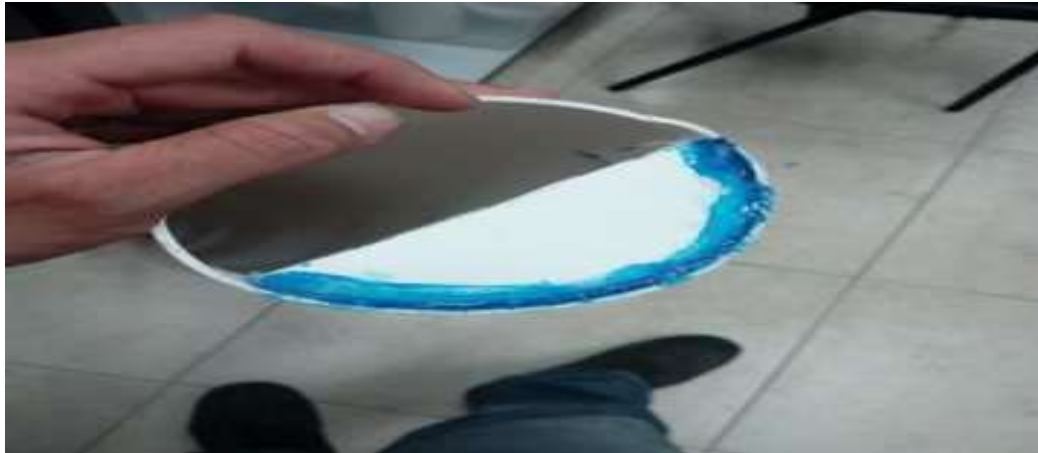


Imagen 17, cejilla para forma represa, Fuente: propia



Imagen 18, armado sistema hidropónico, Fuente: propia

A continuación se muestra el sistema hidropónico armado en su totalidad



Imagen 19, sistema hidropónico armado, Fuente: propia

4.3.- INSTALACIÓN DE SENSORES

En la parte inferior del sistema hidropónico estará colocada la pecera con los peces, es en este lugar donde se colocará el sensor de PH, el cual obtendrá el valor de acidez del agua, la cual se deberá de ir contaminando con los desechos de los peces, así como un medidor de temperatura para detectar cambios en la temperatura del agua que puedan afectar tanto a los peces como a las plantas



Imagen 20, Sensor PH, Fuente: <https://img.clasf.mx/2019/08/16/Sensor-De-Ph-Con-Modulo-Arduino-20190816024414.0835970015.jpg>



Imagen 21, Sensor temperatura, Fuente: https://http2.mlstatic.com/ds18b20-sensor-de-temperatura-sumergible-para-arduino-D_NQ_NP_700830-MLM31240420739_062019-O.webp

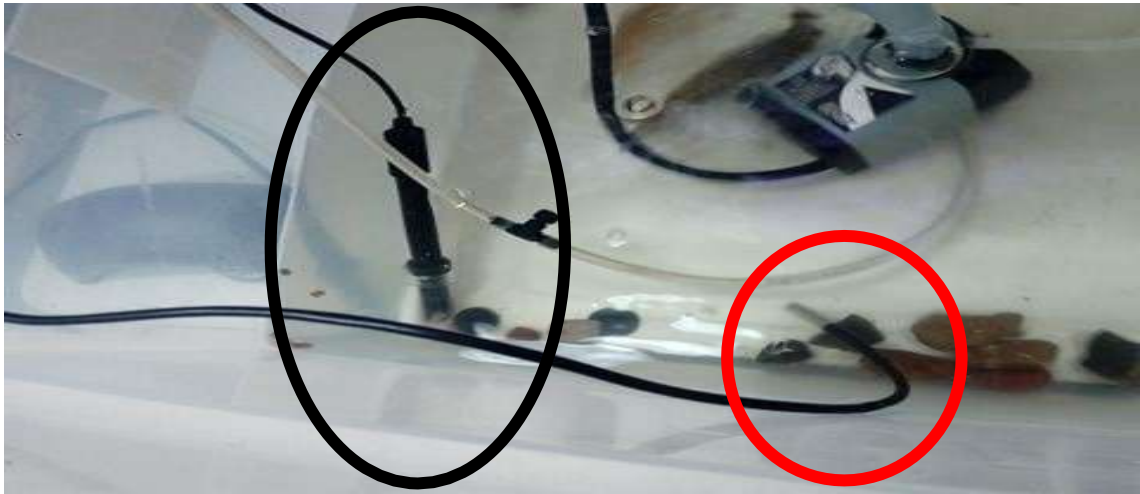


Imagen 22, Sensor PH y temperatura dentro de pecera, Fuente: <https://img.clasf.mx/2019/08/16/Sensor-De-Ph-Con-Modulo-Arduino-20190816024414.0835970015.jpg>

CAPÍTULO V

5.1.- INTRODUCCIÓN

El sistema de acuaponía es un sistema sustentable de producción de comida que combina la acuicultura (cría de animales y plantas acuáticas) y la hidroponía (el cultivo de plantas en el agua) en un medio ambiente simbiótico.

El agua es el elemento vital del sistema acuapónico, es el medio a través del cual se transportan todos los nutrientes esenciales a las plantas y donde viven los peces. A través del monitoreo por medio del sensor de PH de la calidad del agua, el cual debe de estar dentro del siguiente rango pH (6-7).

Según Corrado (2001), Los valores posibles de pH en el agua pueden variar entre 0 y 14 (ambos puntos son los extremos de la tabla de valores).



Imagen 23, tabla Ph, Fuente: <http://virtualmarketingpro.com/blog/bodybalance8/wp-content/uploads/sites/1145/2015/01/tabla-ph-acido-alcalino.jpg>

Un valor de PH 0 indica el mayor grado de acidez a que puede llegar una sustancia; por su parte, un valor de PH 14 indica el máximo grado de alcalinidad que se puede obtener en un medio cualquiera. Alcalino y básico pueden ser entendidos como sinónimos a los efectos prácticos. Entre ambos extremos, un PH 7, indica valores neutros.

Los peces viven en una relación muy estrecha con el agua de su medio ambiente. Los valores de temperatura, dureza, conductividad, PH y otros actúan sobre el organismo de manera directa y determinan su biología.

Aunque no es una regla general, se puede determinar por observación si el agua del acuario es ácida o alcalina. Claro que no se refiere al agua recién colocada, sino al agua de un acuario que lleva funcionando un buen tiempo.

El agua de PH neutro (PH 7) suele presentarse sin color, brillante, inodora y con una ligera presencia de algas sobre el material decorativo y vidrios. Las plantas crecen moderadamente. En este tipo de agua pueden vivir la mayoría de los peces.

Con un PH ligeramente alcalino (7,1 a 7,4) se observa un mayor desarrollo de las algas, el agua se torna de una coloración verdosa por la presencia de algas. Suele percibirse un ligero olor a clorofila (muy similar al del Gammexane o hexacloro) y las plantas tienden a crecer rápidamente. Claro está que todo esto es posible si contara con buena iluminación en el acuario. Con este tipo de aguas sólo un grupo de peces pueden vivir confortablemente.

El funcionamiento del sistema es sumamente sencillo, si el valor del PH en la pecera varía del rango mayor a 7.4 como se mencionó anteriormente, eso significa que el agua de la pecera se encuentra saturada por los desechos de los peces, es entonces cuando de manera automática se enciende la bomba, la cual hará circular el agua por la tubería de PVC, dicha agua saturada de los desechos de los peces, servirá de abono para las plantas que se encuentran colocadas en la estructura, absorbiendo los nutrientes necesarios que ocupan. Para lograr la germinación.



Imagen 24, bomba en pecera, Fuente: propia

5.2.- INTEGRACIÓN DEL SISTEMA CON ARDUINO

El software Arduino ayudará a estar capturando los datos de cada sensor y el estará accionando las funciones de acuerdo a como fueron programadas cada uno de ellas.

El sensor de PH el estará leyendo la acidez del agua en cuanto este marque un alto nivel de acidez en el agua accionará la bomba para que tenga un recirculado, por los ductos del sistema hidropónico y en donde el agua fertilizará las plantas.



Imagen 25, IDE de arduino, Fuente: <https://ubunlog.com/wp-content/uploads/2018/05/ARDUINO-Windows-Store.pnguuphw&ust=1546909156213858>



Imagen 26, Arduino Fuente: <https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewi86f3yqtrfAhXxHjQIHVAHBAUQJRxBAGBEAU&url=https%3A%2F%2Ftienda.bricogeek.com%2Farduino%2F305-arduino-uno->

A continuación se muestra una imagen del hardware Arduino conectado con los diferentes sensores

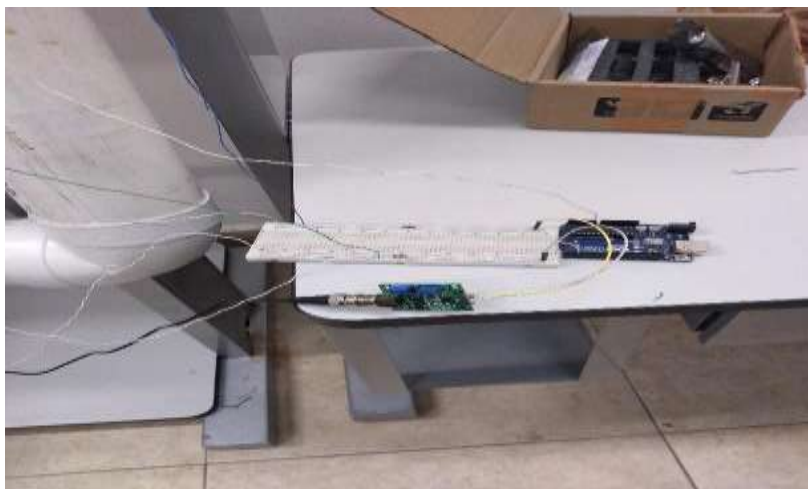


Imagen 27, Arduino conectado con sensores y pH en agua, Fuente:

En esta imagen se puede observar el sistema acuapónico ensamblado en su totalidad y con los diferentes sensores colocados en la estructura, para obtener las diferentes mediciones y se ejecuten las acciones que fueron programadas con anterioridad.



Imagen 28, Sistemas acuapónico ensamblado. Fuente propia



Imagen 29, Pez Tilapia en pecera. Fuente propia

Es importante mencionar que el sistema acuapónico se encuentra ubicado dentro de instalaciones de la carrera de Ingeniería Sistemas Computacionales, en el área de Investigación, motivo por el cual se le colocó un foco especial para viveros a puerta cerrada.



Imagen 30, Luz especial para cultivos indoors. Fuente propia

5.3.- CONCLUSIONES

De acuerdo a la investigación que se realizó con el uso de herramientas de hardware y software libre se llegó a la conclusión que es posible la automatización de un sistema acuapónico para la producción de cultivos de verduras y mantener un ecosistema adecuado para mantener peces los cuales también pueden ser consumidos por el humano.

Dicho sistema es fácil de instalar y brindarle mantenimiento de forma fácil y sencilla.

La relación de la tecnología y los sistemas acuapónicos hasta el momento no se encuentran explotados, es de ahí la importancia del presente trabajo de investigación, ya que brindará un ejemplo real aplicado de esta incipiente relación, que en muy poco tiempo se verán grandes aplicaciones en beneficio de los sistemas acuapónicos.

CAPÍTULO VI

6.1.- TRABAJOS FUTUROS

La automatización del sistema acuapónico no es lo único que se puede investigar en este tipo de proyectos, ya que brinda la oportunidad de seguir ampliando ampliamente este proyecto, uno de los puntos que se pueden estudiar, son los valores que obtienen el sensor de PH y temperatura, ya que se pueden crear estadísticos para mejorar el rendimiento del sistema acuapónico, por lo tanto la recopilación de información de manera autónoma y el análisis de la información, son los próximos trabajos a futuro que se pueden llevar a cabo.

Bibliografía

Automatic, I. (1 de Octubre de 2012). *WordPress.com*. Obtenido de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2018/10/17/sensor-deteccion-de-agua-para-arduino/>

CORRADO, G. (29 de 03 de 2001). *El Acuarista;El sitio web latinoamericano de acuariofilia y disciplinas afines*. Obtenido de <http://www.elacuarista.com/secciones/pH.htm>

dominio, A. d. (17 de Abril de 2012). *Registro de Whois para NayLampMechatronics.com*.

ecured.cu. (07 de 04 de 2004). *EcuRed*. Obtenido de [https://www.ecured.cu/Metodolog%C3%ADa fallidas, 5. n. \(4 de octubre de 2011\). 500 negociaciones SSL fallidas](https://www.ecured.cu/Metodolog%C3%ADa fallidas, 5. n. (4 de octubre de 2011). 500 negociaciones SSL fallidas). Obtenido de <https://es.scribd.com/presentation/221201626/Arduino>

Grupo ABB - Tecnologías digitales líderes para la industria. (22 de junio de 2001). *Grupo ABB - Tecnologías digitales líderes para la industria*. Obtenido de <https://new.abb.com/products/robotics/es/robotstudio>

HetPro-Store.com, W. p. (21 de Julio de 2005). *Whois para HetPro-Store*. Obtenido de <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/sensor-de-temperatura-ds18b20/>

LinkedIn, C. (3 de ENERO de 2007). *Compartir y descubrir el conocimiento en LinkedIn SlideShare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/LizbethSilva2/investigacin-cualitativa-cuantitativa-y-mixta>

NetEarth One, I. (25 de 11 de 2011). *ECOINVENTOS.COM*. Obtenido de <https://ecoinventos.com/acuaponia/>

Network Information Center, S. d. (28 de 02 de 1991). *El portal único del gobierno. | gob.mx*. Obtenido de <https://www.gob.mx/siap/articulos/hidroponia-sabes-que-es-y-como-funciona> , <http://www.neotropico.org/index.php/actividades/investigacion/acuaponia/item/ventajas-de-la-acuaponia>

ScIdle, R. d. (24 de Octubre de 2008). *Scidle & # 8211; Ciencia y Tecnología*. Obtenido de <https://scidle.com/es/como-usar-un-sensor-de-ph-con-arduino/>

Veiss, S. (4 de Octubre de 2011). *Registro de Whois para Scribd.com*. Obtenido de <https://es.scribd.com/presentation/221201626/Arduino>