

FECHA	vienes,18 de junio de 2021
--------------	----------------------------

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Ciudad

UNIDAD REGIONAL	Sede Fusagasugá
TIPO DE DOCUMENTO	Trabajo De Grado
FACULTAD	Ingeniería
NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
PROGRAMA ACADÉMICO	Ingeniería Electrónica

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
BARRAGAN BARACALDO	WILMAR ENCISAR	1069745858

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
CASAS DÍAZ	CESAR AUGUSTO
ACERO VALDERRAMA	ALISSON STEFANY

TÍTULO DEL DOCUMENTO

DISEÑO DE UN SISTEMA HIDRO-SOLAR Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DAQ PARA TEMPERATURA Y pH BASADO EN EL INTERNET DE LAS COSAS (IoT)

SUBTÍTULO
(Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

--

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía

INGENIERO ELECTRONICO

AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÀGINAS
18/06/2021	64

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS
(Usar 6 descriptores o palabras claves)

ESPAÑOL	INGLÉS
1 Acuaponía	Aquaponics
2 Acuicultura	Aquaculture
3 Alevín	fry
4 Calentador solar de agua	Solar water heater
5 Hidroponía	Hydroponics

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son: Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública, masiva por cualquier procedimiento, medio físico, electrónico y digital	X	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional con motivos de publicación, en pro de su consulta, vicivilización académica y de investigación.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos. Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales 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 de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor. 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. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. SI _____ NO X _____ .

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

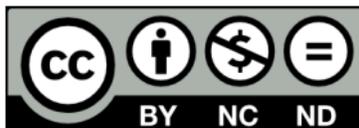
LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).
- b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.
- c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.
- e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el "Manual del Repositorio Institucional AAAM003"
- i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución-No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. Nombre completo del trabajo.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
PROYECTO_HIDROSOLAR.pdf	Texto e Imágenes

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:	
APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafa)
BARRAGAN BARACALDO WILMAR ENCISAR	WILMAR BARRAGAN

**DISEÑO DE UN SISTEMA HIDRO-SOLAR Y DESARROLLO DE UN
SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DAQ PARA
TEMPERATURA Y pH BASADO EN EL INTERNET DE LAS COSAS
(IoT)**

Autor

WILMAR ENCISAR BARRAGAN BARACALDO

Universidad de Cundinamarca
Facultad de Ingeniería
Programa de Ingeniería Electrónica
Fusagasugá-Colombia
2021

**DISEÑO DE UN SISTEMA HIDRO-SOLAR Y DESARROLLO DE UN
SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DAQ PARA
TEMPERATURA Y pH BASADO EN EL INTERNET DE LAS COSAS
(IoT)**

Proyecto de investigación presentado como requisito parcial para optar por el título
de Ingeniero Electrónico.

Autor

WILMAR ENCISAR BARRAGAN BARACALDO

Director

ING. CESAR AUGUSTO CASAS DÍAZ

Codirector

ING. FAIDER HUMBERTO BARRERO SÁNCHEZ

Asesores:

**ING. Q. JUAN CARLOS TAPIAS DUARTE
MSC. ALISSON STEFANY ACERO VALDERRAMA**

Línea De Investigación

Transformación de energías: Energías renovables

Universidad de Cundinamarca
Facultad de Ingeniería
Programa de Ingeniería Electrónica
Fusagasugá-Colombia
2021

Nota de aceptación:

Firma del director

Firma del jurado

Firma del jurado

Fusagasugá 28 de mayo de 2021

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a todas aquellas personas que han creído en mí, aquellos que me apoyaron durante el transcurso de este tiempo. En especial a mi abuela que me acogió como un propio hijo y se esforzó en apoyarme en cada decisión de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

De primer mano agradezco a Dios por permitirme haber logrado llegar a este punto de mi vida.

A mi mejor amiga Msc. Alison Stefany Acero Valderrama la cual ha estado presente en muchos aspectos de mi vida en el transcurso de este periodo de vida por su gran apoyo incondicional, a la ingeniera Anamaría Venegas Poveda por brindar su apoyo en la etapa más crítica de mi vida motivándome a ser mejor y seguir adelante en la carrera de ingeniería electrónica.

Al Ing. Q. Juan Carlos Tapias Duarte por guiarme en el inicio de este proceso investigativo y al director de proyecto Ing. Cesar Augusto Casas Díaz por brindarme la oportunidad de pertenecer a este grupo de investigación, de ante mano agradezco al Dr. Ing. Andrés Felipe Guerrero G, por su compromiso como docente al brindarme una guía en la culminación del proceso investigativo de este proyecto de grado.

Resumen

Las fuentes de energías renovables alternativas, como la geotérmica fotovoltaica, hidráulica y eólicas, etc.... En la actualidad han tenido un gran auge a nivel mundial debido a que las fuentes tradicionales de energía no renovable están siendo agotadas, como por ejemplo aquellos extraídos de combustibles fósiles (carbón, petróleo, etc.), además de que estos generan un grave impacto al ambiente debido a los gases invernadero provocados por su combustión (Vidal, 2006). En consecuencia, esta situación favorece incremento del uso de energías alternativas fotovoltaicas y eólicas en pequeñas escalas de uso doméstico, debido que en algunas zonas rurales el servicio de energía eléctrica presenta fallas y no ofrece un continuo funcionamiento, afectando a diferentes sistemas productivos. Dependientes de alguna fuente de energía. En cuanto a las tareas cotidianas del sistema acuapónico como toma de temperatura, pH, oxígeno, dureza entre otras, son efectuadas de manera manual y sin un registro permanente de sus fluctuaciones, tornándose deficiente el diagnóstico de desestabilización de parámetros óptimos para el sistema, dejando en riesgo y producto final.

Este proyecto, se genera con el propósito de implementar un sistema acuapónico a escala en la región del Sumapaz a través del diseño y modelado de un sistema acuapónico integrando energías renovables como la fotovoltaica y por efecto termosifón (colector solar), con el fin de mantener el sistema con un suministro adecuado de energía eléctrica constante y regulación de la temperatura adecuada del agua en el sistema acuapónico. La metodología a implementar se dividió en tres fases: la obtención y cálculos necesarios para suministrar energía al sistema; diseño (insumos y materiales básicos) e instalación del sistema acuapónico; y por último, diseño y modelado de un colector solar por efecto termosifón con integración de medidores de temperatura y pH en el circuito acuapónico, para el procesamiento de la información se implementó una tarjeta wemos lolin32 basada en esp32, muy utilizada en aplicaciones basadas en IoT, dicha tarjeta dota al sistema de una integración de adquisición de datos (DAQ) y telemetría vía WIFI, gracias a las características que esta presenta, permite al usuario final tener disposición de la información necesaria en tiempo real mediante una interfaz de usuario web o un aplicativo móvil. Como resultado de este trabajo se espera lograr integrar un colector solar de placa plana pasiva y un sistema de adquisición de datos (DAQ), de temperatura y pH.

Debido a las dificultades presentadas por la cuarentena y el cierre de las instituciones educativas se realizó un modelado en 3d del sistema acuapónico y sus respectivas partes de sistema hidro-solar y un desarrollo electrónico del proyecto (Sistema de adquisición de datos DAQ basado en IoT).

Definiciones, Acrónimos y Abreviaturas

1

Acuaponía: Es la combinación del término acuicultura (o acuacultura) e hidroponía.

Acuicultura: Cultivo de organismos acuáticos vegetales y animales en entornos controlados.

Alevín: palabra utilizada en piscicultura para definir una cría recién nacida de un pez.

Calentador solar de agua: Sistema que utiliza la radiación solar, así mismo puede calentar el aire y otros fluidos como el agua.

Control: Es una de las etapas que forman el proceso administrativo, en la cual se puede tener una información más precisa de lo que sucede

DAQ: Tarjeta o modulo electrónico programables capas de adquirir datos mediante sensores integrados al sistema.

Hidroponía: Método utilizado para cultivar plantas, hortalizas en agua sin utilización de la tierra en vez de suelo agrícola.

pH: Medida de la concentración de potencial de hidrogeno en una solución, Se representa en una escala logarítmica con valores que van en una escala del 1 al 14.

Prototipo: Primer molde en que se fabrica una figura u otra cosa.

Temperatura: magnitud física que mide la energía térmica interna de un cuerpo o medio ambiente y se expresa mediante el sistema internacional de medidas en escalas kelvin (°K), Celsius (°C), Fahrenheit (°F).

CONTENIDO

1. CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	18
1.1 Planteamiento del problema.....	18
2. CAPÍTULO 2. OBJETIVOS.....	21
2.1 Objetivo general	21
2.2 Objetivos específicos	21
3. CAPÍTULO 3. MARCO REFERENCIAL.....	22
3.1 Estado del arte	22
3.1.1 A nivel institucional	22
3.1.2 A nivel nacional.....	22
3.2 Fundamentos teóricos.....	28
3.2.1 Sistema colector-solar (termosifón)	28
3.2.2 Transferencia de calor	28
3.3 Marco Legal	31
3.4 Cronograma de actividades	33
4. CAPÍTULO 4. DISEÑO METODOLÓGICO.....	27
4.1 Etapa Análisis	27
4.2 Etapa de Diseño del sistema de adquisición de datos	27
4.3 Etapa de diseño del calentador-solar	27
4.4 Etapa de desarrollo del sistema DAQ	27
4.5 Etapa de verificación y validación	27
5. CAPÍTULO 5. PLAN DE TRABAJO	29
5.1 Construcción del colector solar	31
5.1.1 Metodología del sistema acuapónico.....	34
5.1.2 Parámetros de calidad del agua	34
5.2 Sistema de adquisición de datos DAQ y sensores.....	36
5.2.1 Board nodemcu WI-FI basado en esp32 para aplicaciones de IoT ...	36
5.2.2 Board WIFI wemos lolin32 basado en esp32	37
5.2.3 Sensor de temperatura a prueba de agua ds18b20	38
5.2.4 Resolución e identificación del sensor a prueba de agua ds18b20 ...	39
5.2.5 CALIBRACION DEL SENSOR TEMPERATURA DE MANERA EXPERIMENTAL	40
5.2.6 Sensor de pH sen0169 para Arduino.....	41

5.3	Instalación del WEMOS LOLIN32 en el IDE Arduino	43
5.4	ThingSpeak	47
5.4.1	Opciones de licencia.....	47
5.4.2	Crear cuenta en ThingSpeak.....	48
5.4.3	Configuración del IDE Arduino para ThingSpeak	50
5.5	Sistema de adquisición de datos y conexión del circuito.....	51
6.	CAPÍTULO 6. MATERIALES Y PRESUPUESTO	55
7.	CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y RESULTADOS.....	57
7.1	Perspectivas de trabajo a futuro.....	58
8.	REFERENCIAS	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño final realizado según las normas colombianas (Juan Burbano, 2006).	23
Figura 2. Modelo PSHC-1C en pruebas de interiores. (Juan Garzon, 2015)	24
Figura 3. Rendimiento térmico y fracción solar mensuales de la instalación.	25
Figura 4. Esquema de una instalación solar por termosifón TRNSYS (Fuentes, 2016)	26
Figura 5. Montaje de sistema solar en el aula de clases (Monico, 2017)	27
Figura 6. Descripción de fenómenos de transferencia de calor (Raffino, 2020)	28
Figura 7. colector solar por efecto termosifón forzado (Galbarro, 2021)	30
Figura 8. Descripción por efecto termosifón pasivo (Ramilo & Schonwald, 2013)	31
Figura 9. diagrama de flujo del plan de trabajo realizado.	28
Figura 10. Modelo diseñado en sketchup de un colector solar.	32
Figura 11. Diseño del termotanque con sus respectivas conexiones.	33
Figura 12. Modelo en 3d del colector solar en un sistema acuapónico a implementar.	33
Figura 13. Montaje y construcción del sistema acuapónico en la universidad de Cundinamarca.	34
Figura 14. Evolución del módulo de IoT desarrollado por la compañía Espressif Systems .	36
Figura 15. WIFI Wemos Lolin32 Basado En Esp32.	38
Figura 16. Sensor temperatura a prueba de agua ds18b20 (Negro (GND), Amarillo (DATA) Rojo (VCC)) fuente propia.	39
Figura 17 Comparación de temperatura del sensor ds18b20 versus termómetro digital.	40
Figura 18. Sensor de pH sen0169.	41
Figura 19. Página y opción por descargar del gestor GIT.	43
Figura 20. Instalación del GIT.	44
Figura 21. Ejecución del Git Gui.	44
Figura 22. Clonar repositorio existente de internet y ubicación de instalación de archivos del esp32.	45
Figura 23. Ejecución del archivo GET.	45
Figura 24. Descarga y extracción de archivos del IDE Arduino esp32.	46
Figura 25. Comprobación de paquetes instalados del esp32 en IDE Arduino	46
Figura 26. Puerto de conexión del WEMOS LOLIN32.	47
Figura 27. Página inicial de ThingSpeak.	48
Figura 28. Inicio de sesión en ThingSpeak.	48
Figura 29. Creación de un canal en ThingSpeak.	49
Figura 30. Configuración del canal.	49
Figura 31. ID de canal y clave suministrada pública y privada.	50
Figura 32. Instalación de librerías en el IDE de Arduino.	51
Figura 33. Diagrama de flujo del código.	52
Figura 34. Visualización de los sensores en la plataforma de ThingSpeak.	53

Figura 35. Sistema DAQ de temperatura y pH para un sistema acuapónico. 54
Figura 36 .Diagrama electrónico del sistema IoT acuapónico (temperatura y pH).54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Promedio de radiación mensual Fusagasugá Fuente: (NASA, s.f.).	29
Tabla 2. Normativa colombiana.	31
Tabla 3. Normativa internación de colector solar.	33
Tabla 4. Cronograma de actividades.	25
Tabla 5. Rangos generales de tolerancia de calidad de agua para peces y plantas. (Somerville C., 2014).	34
Tabla 6. Tolerancia en parámetros de calidad de agua. (Somerville C., 2014).	35
Tabla 7. Condiciones óptimas para la producción piscícola (INTAGRI, 2017).	35
Tabla 8. Condiciones óptimas para la producción lechuga (INTAGRI, 2017).	35
Tabla 9. Características principales del módulo esp32.	37
Tabla 10. Características principales del módulo NODEMCU WIFI ESP32.	37
Tabla 11. Variación para cada resolución DS18B20.	39
Tabla 12. Características del sensor de pH DFROBOT SEN0169.	42
Tabla 13. Características del electrodo respecto a voltaje y pH según el fabricante a 25°C.	42
Tabla 14. Materiales y cotización diseño electrónico.	55
Tabla 15. Materiales y construcción colectora solar.	56

1. CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

La energía solar es una de las formas más versátiles que mejor se adoptan a las necesidades actuales de la sociedad. Su implementación esta tan extendida en la actualidad que es difícil no reconocer su gran aporte a la sociedad moderna (Renovables, 2020).

Un sistema acuapónico es una técnica de producción sustentable, que permite combinar la producción de peces (acuicultura) y hortalizas, cultivadas directamente en agua sin hacer uso de tierra (hidroponía). En este ciclo productivo, el agua recircula en un sistema cerrado, recolectando el agua servida de los peces y distribuyéndola hacia las plantas siendo filtrada por estas, retornando nuevamente hacia los peces, cumpliendo con los requisitos de calidad de agua que exige la norma (Daniel Rodríguez Caicedo, 2009).

Este proyecto se plantea un prototipo de un sistema de colector solar con adquisición de datos (temperatura y pH). El colector solar de placa plana es una tecnología que permite absorber la radiación solar, transfiriendo la energía calórica a través del agua y almacenándola en un tanque, para su posterior uso, además es capaz de obtener datos mediante un circuito electrónico con sensores de temperatura y pH con el fin de poder monitorear estas variables, logrando así mismo una integración de tecnologías del IOT(internet of things).permitiendo una visualización de los datos obtenidos en cualquier dispositivo móvil con acceso al proyecto, todo este conjunto de sistemas generan un óptimo crecimiento del cultivo y peces dentro del proyecto.

1.1 Planteamiento del problema

A partir de las condiciones actuales alimentarias, así como las futuras, se han desarrollado conceptos como agricultura urbana y sistemas integrados a pequeña escala, con el fin de economizar recursos y espacio, así como aumentar la eficiencia y desempeño, es decir, producir más densidad de alimento (siendo los productos finales del sistema integrado) con menos materia prima (combustibles, insumos, tierra, etc.). En países en vía de desarrollo el crecimiento poblacional trae consigo diferentes limitantes como el acceso a servicios primarios, también la exigencia de gerenciar una seguridad alimentaria, donde la producción pueda ser sustentable y sostenible promoviendo avance financiero dentro de la sociedad, todo ello encaminado con el ambiente reduciendo el impacto del cambio climático (Cutíño, Imeroni, & Sanzano, 2018).

Un sistema acuapónico, es un proceso integrado de dos partes tanto la acuícola como hidroponía, su instalación es simple en términos de espacio y mantenimiento, este ha demostrado grandes ventajas como lo es la productividad, pues sus dos productos finales son el pescado y hortalizas, también sus factores económicos y ambientales, gracias a la recirculación de agua.

En la actualidad debido a la emergencia sanitaria ocasionada por el covid-19 se ve gravemente afectada aquellas zonas con insuficiencia alimentaria, en Colombia crecen las alarmas por desnutrición en las zonas de Vichada, Caquetá, La Guajira y Cauca donde debido a los desplazamientos y conflictos armados generan un alto nivel de seguridad alimentaria (La Acuaponía, 2020), por ello pensando como objetivo número dos del desarrollo sostenible el cual tiene como objetivo principal mejorar el acceso a fuentes alimenticias fortaleciendo las capacidades de la población y el objetivo número 11 el cual establece ciudades y comunidades sostenibles y el numero 12 producción y consumo responsable; se implementaron sistemas de cultivo acuapónico como una alternativa a la producción sostenible permitiendo optimizar al máximo los recursos naturales, generando alimentos libres de pesticidas y en menor tiempo contribuyendo con el ambiente. (La Acuaponía, 2020)

Se logra con esta iniciativa disminuir los casos de desnutrición crónica, que deja al descubierto según la investigación realizada por la Fundación Éxito un considerable atraso intelectual respecto a un niño con alimentación básica en este periodo de tiempo, reduciendo hasta en 14 puntos en coeficiente intelectual y hasta 5 años de atraso en educación, disminuyendo las probabilidades en más de un 50% en la obtención de un salario respecto a un Niño en óptimas condiciones de nutrición. (TIEMPO, 2020) .

Actualmente se presentan limitaciones del suministro eléctrico y agua potable en las zonas rurales, siendo uno de los problemas de mayor importancia, debido a que se debe mantenerse en funcionamiento constante para obtener una óptima producción de peces y plantas, exigiendo un flujo constante y permanente de energía eléctrica y un acceso fundamental al agua potable.

En el sistema acuapónico existen otros factores que afectan el óptimo crecimiento de los peces y plantas como es el pH, la temperatura y niveles de oxigenación del agua, los cuales deben estar en unos parámetros óptimos, según las exigencias de la especie de piscícola y plantas a producir, algunas estrategias son implementadas para disminuir los riesgos de la oscilación de estos parámetros, como bombas de oxígeno permitiendo así un suministro continuo de oxígeno en el agua del tanque. Sin embargo, factores como pH y temperatura presentan variaciones provocadas principalmente por desechos biológicos, y la exposición a condiciones medioambientales abruptas como días calurosos y/o noches de bajas temperaturas, afectando directamente a los componentes biológicos del sistema. Estos factores

son monitoreados de manera manual y no sistemática, evidenciando la baja capacidad que tienen estos modelos en la adquisición de datos, para que optimicen el mejoramiento en el crecimiento y producción, así como, el diagnóstico y detección temprana de los problemas provocados por su fluctuación.

En vista de las dificultades energéticas y en el control de factores del sistema, se plantea integrar un colector solar de placa plana pasiva con un sistema de adquisición de datos (DAQ), de temperatura y pH a un modelo acuapónico previamente establecido con el fin de optimizar el ciclo productivo.

Se plantea un prototipo de colector solar y un diseño electrónico como solución a esta problemática, permitiendo al usuario almacenar agua caliente durante el día de una manera pasiva por medio del efecto termosifón, diseñado por medio de un modelo matemático de un colector solar de placa plana básico con base en el método f-chart y las NTC colombianas, logrando así obtener la capacidad necesaria para poder ser suministrado en el sistema acuapónico cuando este sea necesario.

Además de un diseño electrónico que permitirá la obtención de datos de la temperatura del colector solar y del tanque de peces, igualmente de un sensor de pH concediendo al usuario lograr observar en tiempo real el comportamiento de circuito acuapónico, para así mismo mantener un óptimo crecimiento y producción de las especies.

Finalmente, a partir de la discusión, la pregunta de investigación se resume de la siguiente manera:

¿Es posible que un sistema basado en un colector solar y un sistema de adquisición de datos DAQ basado en IoT, puedan mejorar las condiciones y desempeño de un sistema acuapónico?

2. CAPÍTULO 2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Diseñar un modelo hidro-solar con un sistema de adquisición de datos DAQ basado en IoT para temperatura y pH en un sistema acuapónico en la Universidad de Cundinamarca.

2.2 Objetivos específicos

- Recolectar información y determinar elementos de entrada para el diseño como antecedentes, fuentes para el análisis del estado del arte y marco regulatorio legal.
- Diseñar el modelo colector-solar para un tanque de producción acuapónico.
- Implementar el sistema de adquisición de datos DAQ para temperatura y pH del agua del modelo acuapónico.
- Establecer un sistema de telemetría y monitoreo basado en IOT mediante una interfaz inalámbrica, permitiendo visualizar el estado de los sensores en cualquier dispositivo con acceso al proyecto.

3. CAPÍTULO 3. MARCO REFERENCIAL

3.1 Estado del arte

Se realiza la compilación de diferentes antecedentes y artículos mencionados en el análisis del estado del arte, los cuales son a nivel institucional, a nivel nacional e internacional, teniendo en cuenta los procedimientos y modelamiento del sistema hidro-solar.

3.1.1 A nivel institucional

De manera institucional no se encontró una integración del modelo a estudiar, siendo pionero en esta área de investigación en la Universidad de Cundinamarca.

3.1.2 A nivel nacional

Se realizó un sistema el cual consta de un “diseño y construcción de un calentador solar de agua operado por termosifón”, en el artículo se presenta el proceso de diseño de un colector solar para el calentamiento del agua para consumo doméstico, operado por efecto termosifón, en la ciudad de armenia-Quindío, el diseño matemático, la selección de los materiales y el proceso de construcción, se encuentra con base a las normas técnicas colombianas NTC 4368 Y NTC 2461.

Los componentes usados en un calentador solar de agua para el uso doméstico son: Placa de absorción, cubierta, conductos para la circulación de fluido, aislante térmico, caja juntas y selladores, tanque de almacenamiento el cual se diseña e implementa en base a la norma colombiana (Juan Burbano, 2006).

Para el dimensionamiento del sistema se tiene en cuenta la carga térmica anual y la radiación promedio del lugar donde se desea implementar, para la capacidad deseada se toma en cuenta el consumo diario y temperatura Máxima a la que se desea poder llegar, de acuerdo con este modelo se establece una eficiencia promedio del 50%, además se puede establecer el área del colector que debe tener para poder cumplir los requerimientos del usuario ([Ver Figura 1](#)).

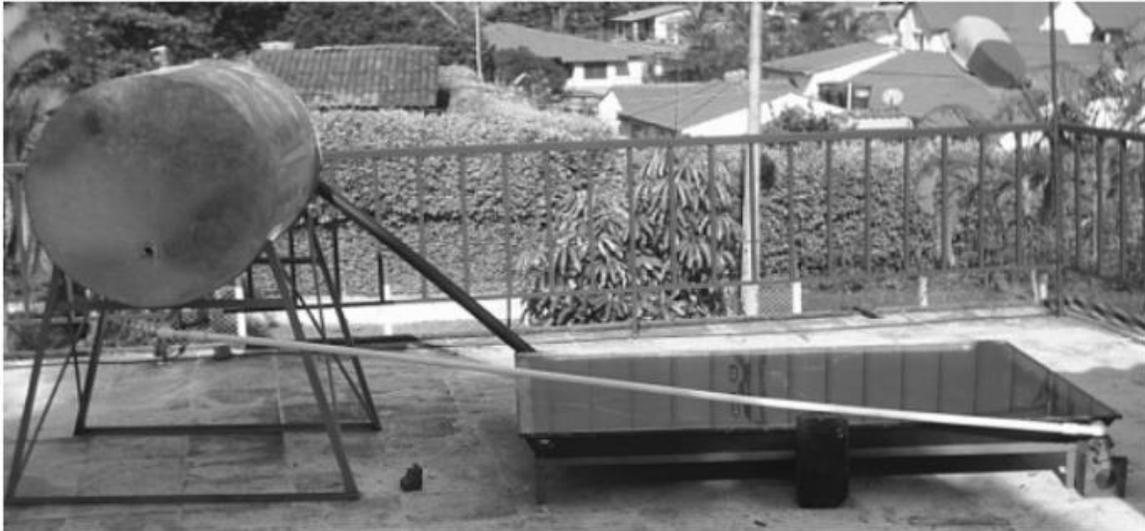


Figura 1. Diseño final realizado según las normas colombianas (Juan Burbano, 2006).

Durante el proceso de construcción se encontraron dificultades al momento de soldar las placas al ser de aluminio, se encontró baja posibilidad de soldadura por lo tanto se vio en la necesidad de utilizar tornillería para poder unir las placas reforzada con silicona, con el fin de evitar fugas, se tuvo que encontrar el recubrimiento de espumas de poliuretano, para el recubrimiento del tanque, pero este a su vez incremento el costo del proyecto.

Se determinó que el sistema cumple con los requerimientos mínimos establecidos por las normas colombianas, logrando afirmar que el sistema de calentador solar alcanza las temperaturas requeridas para el consumo doméstico Colombia.

En otro modelo se realiza bajo " la determinación de la eficiencia térmica instantánea y la temperatura de salida del colector solar pshc-1c, del sistema de entrenamiento en energía solar térmica", ubicado en la fundación universitaria los libertadores, en esta investigación se determinó la eficiencia y la temperatura de la salida del colector solar PSHC-1C, mediante el sistema de entrenamiento en energía térmica solar modelo 46121, este se encuentra ubicado en la Fundación Universitaria los Libertadores, por lo tanto se lleva a cabo dos procesos, uno de simulación y otro de experimentación, en el proceso de simulación se tuvo en cuenta las propiedades del material de construcción dadas por el fabricante en el modelo a caracterizar, para posteriormente ser adaptado en el software de simulación TRNSYS, en la parte de experimentación se llevó a cabo mediante el método indoor test (protocolo basado en aspectos normativos para pruebas en interiores).

Con el fin de poder comparar los resultados obtenidos de manera natural se establecieron pruebas durante una semana del modelo PSHC-1C, con el fin de obtener resultados de una exposición natural al ambiente, según los resultados arrojados por el modelo de manera natural para la eficiencia y la temperatura del modelo fueron de 77.8% y 30.9°C, comparados con los resultados obtenidos en TRNSYS, se muestra que la eficiencia del sistema es del 83.9% y 30.4°C de temperatura (Juan Garzon, 2015).

Los resultados fueron puestos a prueba con la hipótesis de “Kolmogórov-Smirnov”, debido a que con resultados obtenidos en la experimentación y la simulación se estableció, que no se puede realizar una comparación exacta, por la diferencia en los pequeños factores presentados en un medio ambiente Real vs Simulación ([Ver Figura 2](#)).



Figura 2. Modelo PSHC-1C en pruebas de interiores. (Juan Garzon, 2015)

A nivel internacional

El “sistema solar de termosifón de uso doméstico para producción de agua caliente sanitaria” fue el sistema realizado mediante la investigación de la radiación solar de la zona, el desarrollo que el sistema ha obtenido en los últimos años, investigando los conceptos de instalaciones de un termosifón y su principal funcionamiento de los componentes que lo conforman, mediante un modelo matemático utilizado por el software de simulación TRNSYS.

En bases de dos modelos matemáticos propuestos según los estudios previos a la investigación, dando como resultado y conclusión a una breve introducción del simulador TRNSYS, con el cual se han obtenidos unos resultados según las variables implementadas ([Ver Figura 3](#)), para una instalación de un termosifón de uso doméstico ([Ver Figura 4](#)), en Sevilla con un uso de una vivienda unifamiliar conformada por 4 personas.

Teniendo en cuenta el uso del sistema horario y el número de personas que la utilizaran, se establece un consumo diario, mensual y anual aproximado, con estos datos se procede a modelar el sistema, con la capacidad suficiente para poder suministrar agua caliente a la vivienda durante el año, se utiliza el modelo TYPE45, el cual representa una instalación convencional de termosifón con calentador auxiliar en TRNSYS (programa de simulación de sistemas energéticos). (Fuentes, 2016)

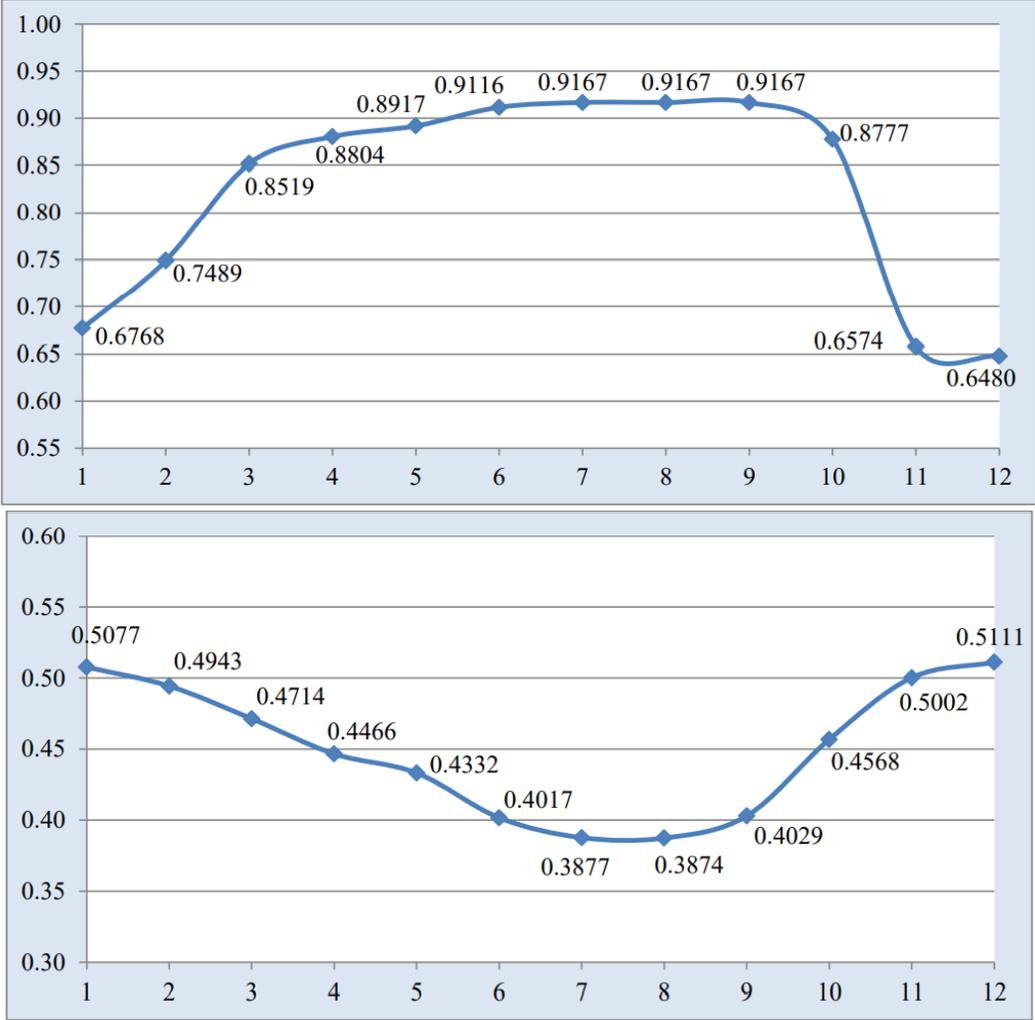


Figura 3. Rendimiento térmico y fracción solar mensuales de la instalación.

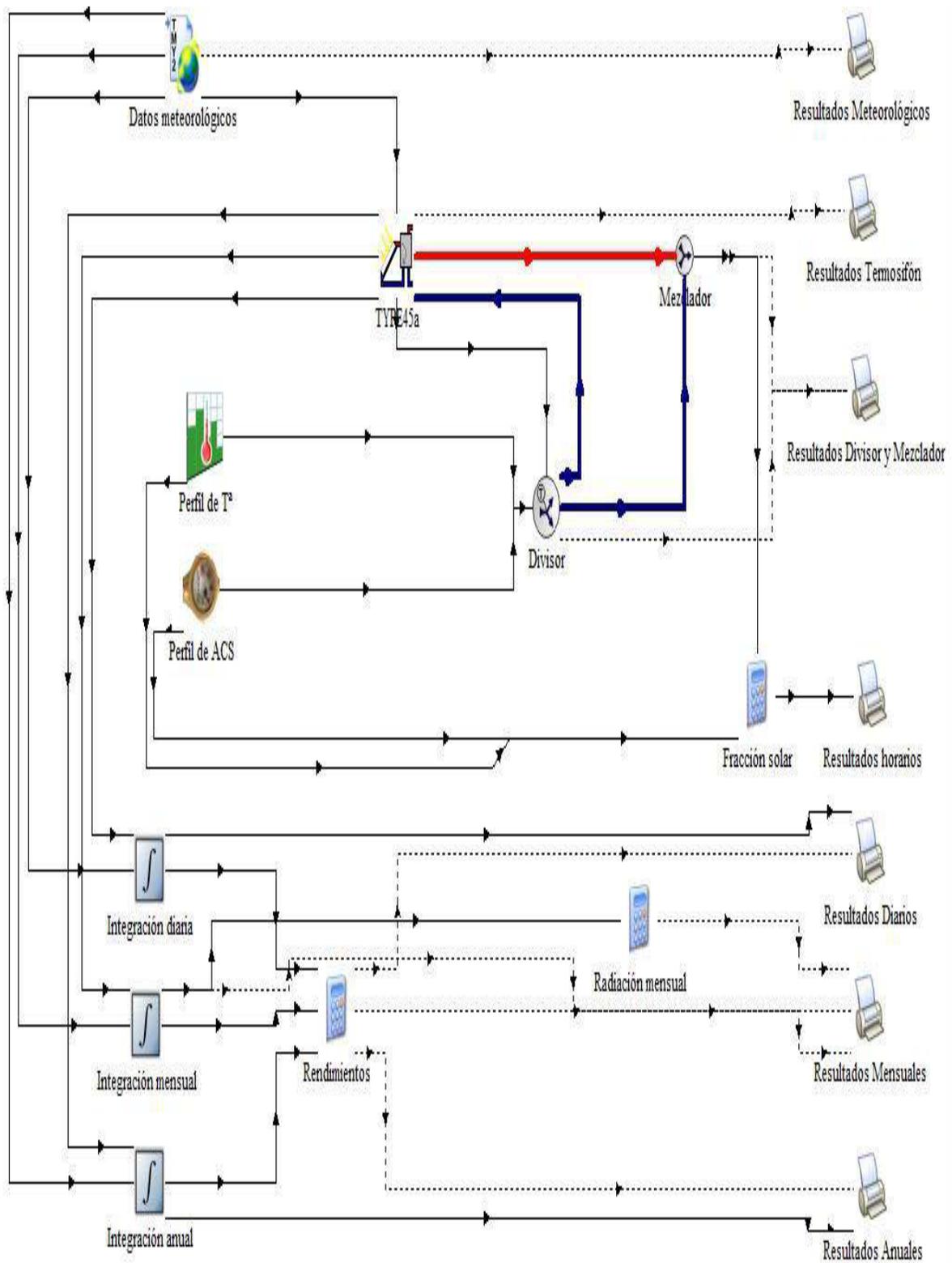


Figura 4. Esquema de una instalación solar por termosifón TRNSYS (Fuentes, 2016)

En el “calentador solar de agua para usos domésticos con control variable y funcionamiento con Arduino”, se establece un aprovechamiento de la energía solar térmica, el cual mediante la captación de la radiación solar, permite elevar la temperatura del fluido circundante en el colector solar de placa plana, para este modelo se postula la utilización de materiales en PVC de color negro, con el fin de obtener un incremento en la captación de radiación solar en el modelo del colector, algunas de las aplicaciones más usadas para este sistema se encuentran en invernaderos, secadores de grano y producción de agua sanitaria, este último se conforma principalmente por tres partes como lo son: Colector solar de placa plana, termo-tanque y sistemas de tuberías circundante [\(Ver Figura 5\)](#).

Se implementa un termotanque de hierro, posteriormente se ubicó el colector en la superficie de un salón de clases de la ITCA-FEPADE de el salvador, implementando un sistema de control con Arduino, el cual se encarga del bombeo y recirculación del sistema (Monico, 2017).



Figura 5. Montaje de sistema solar en el aula de clases (Monico, 2017)

Del anterior modelo se logra concluir que la utilización de materiales como el PVC con un recubrimiento de pintura negro mate logra obtener temperaturas entre 40° y 50° demostrando que es posible obtener suministro de agua caliente a partir de la energía del sol.

3.2 Fundamentos teóricos

Se definen algunos conceptos utilizados en el proceso de investigación con el fin de poder suministrar información al lector

3.2.1 Sistema colector-solar (termosifón)

Es un sistema en el cual se utiliza la radiación de la energía solar permitiendo concentrar la energía y convirtiéndola en calor, también conocido como fototérmico, a continuación, se explican las formas de transferencia de calor implicados en este sistema.

3.2.2 Transferencia de calor

Fenómeno definido como transferencia de energía calórica de un conducto a otro permitiendo el flujo de energía de uno mayor a otro menor hasta alcanzar un punto de equilibrio entre estos

Existen tres modos de transferencia de energía calórica el cual se determinan por radiación, convección y conducción ([Ver Figura 6](#)).



Figura 6. Descripción de fenómenos de transferencia de calor (Raffino, 2020)

- **Conducción:** Transferencia de energía mediante el contacto directo de partículas de un material a otro. El calor fluye desde un objeto más caliente hasta el más frío alcanzando un punto de equilibrio térmico (Raffino, 2020).
- **Convección:** Ocurre cuando un fluido alberga calor y este se desplaza para transmitirlo en el interior de un espacio donde este contenido, en pocas palabras es el transporte de calor por medio del traslado de un fluido, está determinada por la ley de enfriamiento de Newton establece que un cuerpo

pierde su calor a la diferencia de temperatura entre el cuerpo y sus proximidades (Raffino, 2020).

- **Radiación:** Tipo de transferencia en el cual se logra dar en ausencia del contacto, se origina en el desplazamiento térmico de las partículas cargadas de la materia, que liberan una transmisión de partículas electromagnéticas, dicho de otra manera (radiación térmica), la intensidad depende de la temperatura y la longitud de onda de radiación (Raffino, 2020).

Los cuerpos expulsan radiación ultravioleta, dada manera se puede determinar en la ley Stefan-Boltzmann.

En la ciudad de Fusagasugá se obtuvo la siguiente información de radiación anual adquirida de la página oficial de la nasa ([Ver Tabla 1](#)).

Tabla 1. Promedio de radiación mensual Fusagasugá Fuente: (NASA, s.f.).

MESES	Air temperature	Relative humedaty	Daily solar radiation-horizontal	atmospheric pressure	Wind speed	Earth temperature	Heating degree-days	cooling degree-days
	C°	%	kWh/m ² -día	Kpa	m/s	°C	°C-d	°C-d
ENERO	19,2	76,6	4,86	85,7	1,6	20,6	0	292
FEBRERO	19,7	75,1	4,83	85,7	1,7	21,4	0	277
MARZO	19,7	78,8	4,91	85,7	1,7	21,4	0	305
ABRIL	19,6	80,8	4,65	85,7	1,6	21,2	0	289
MAYO	19,4	79,7	4,72	85,8	1,6	20,8	1	292
JUNIO	18,9	77,8	4,83	85,9	1,9	20,2	2	267
JULIO	18,9	70,8	5	85,9	2	20,3	3	275
AGOSTO	19,7	63,9	5,07	85,9	1,8	21,4	0	303
SEPTIEMBRE	20,2	65	5,03	85,8	1,7	22,1	0	307
OCTUBRE	19,7	74,5	4,7	85,8	1,5	21,4	0	302
NOVIEMBRE	19,2	81,1	4,6	85,7	1,5	20,5	0	278
DICIEMBRE	19	80,7	4,6	85,7	1,7	20,2	0	286
ANUAL	19,433	75,4	4,81667	85,775	1,69167	20,9583	6	3473

El diseño por implementar en este proyecto aplica a un modelo de colector solar de placa plana, el cual consta de tres partes fundamentales:

- **Termotanque:** Donde se almacenará nuestro fluido circundante caliente.
- **Colector solar plano:** este se encargará de capturar la radiación solar para transferirla en forma de calor al termotanque.
- **Sistema de tuberías:** por donde el agua circulara.

Este diseño se implementará en un sistema acuapónico el cual permitirá tener un control de la temperatura que circulará en el modelo acuapónico, como alternativa para sustituir los calentadores tradicionales o implementados comúnmente en los hogares.

Como alternativa se logrará obtener temperaturas entre 40°C y 60°C. Suficientes para poder mantener las temperaturas requeridas del agua en las noches o días de baja temperatura atmosférica.

Como ventaja principal se obtendrá un ahorro energético significativo debido al aprovechamiento obtenido por la radiación del sol (fototérmico), además cabe destacar que para este diseño existen dos métodos bajo el mismo modelo de colector solar, el cual cambia la forma en que circula el agua, se observa el sistema de circulación forzada ([Ver Figura 7](#)) y otra que es la implementa en este diseño que se consta de un sistema pasivo (circulación natural).

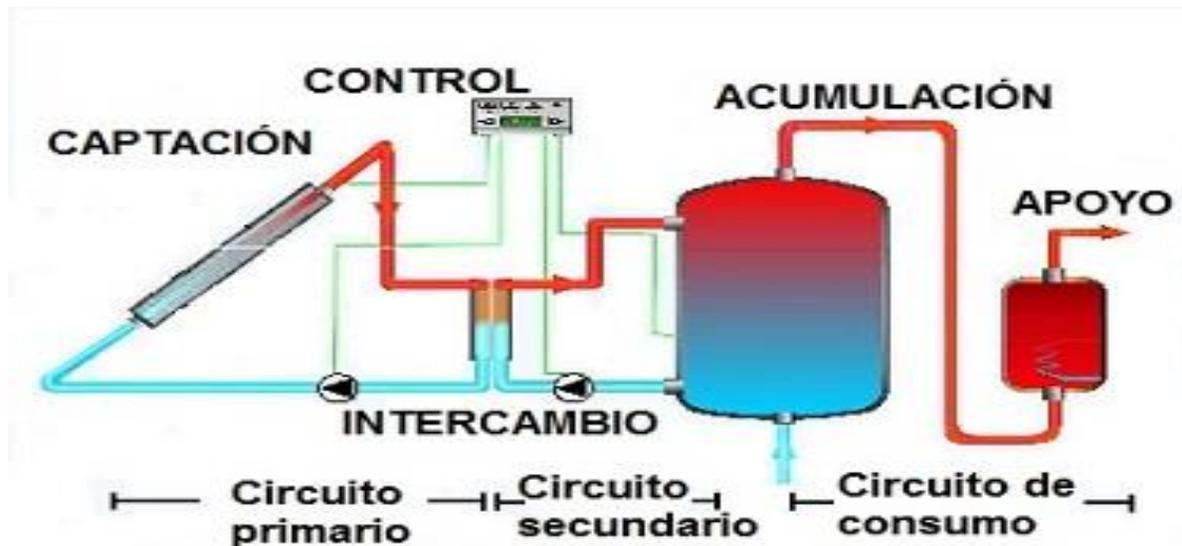


Figura 7. colector solar por efecto termosifón forzado (Galbarro, 2021)

El diseño que se describe en este proyecto funcionara por circulación natural, mediante el principio de termosifón ([Ver Figura 8](#)), este se presenta cuando un fluido eleva su temperatura a través del colector, lo cual el fluido reduce su densidad necesaria por el incremento de la temperatura debió a que el fluido tiende a subir por el colector hasta llegar al termotanque y el agua fría tiende a permanecer en la parte baja debido a la gravedad, ocupando menos volumen su masa es más densa respecto a la caliente.

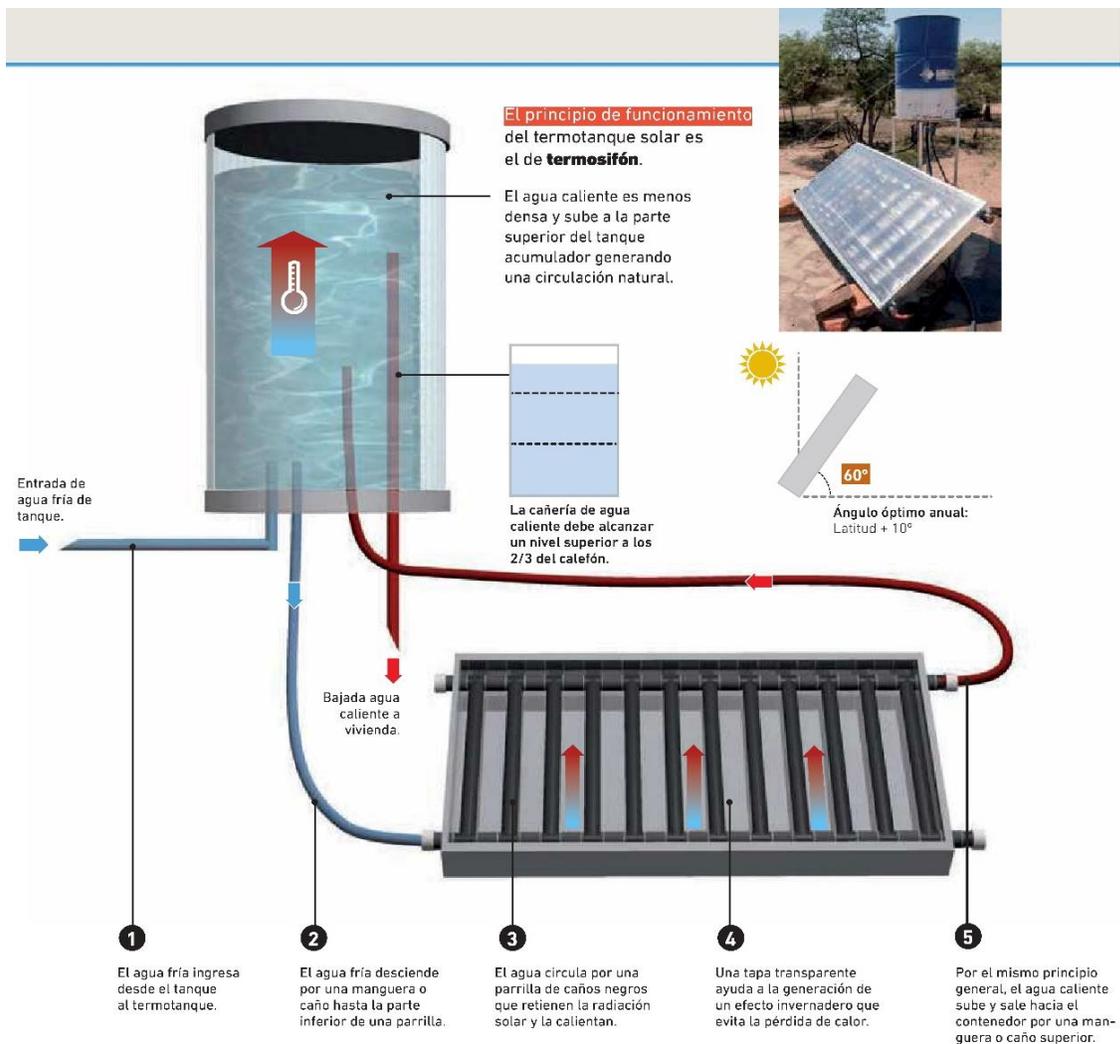


Figura 8. Descripción por efecto termosifón pasivo (Ramilo & Schonwald, 2013)

3.3 Marco Legal

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas Y Certificación (ICONTEC), es el organismo nacional de normalización otorgado por el Decreto 2269 de 1993 siendo una entidad privada sin ánimo de lucro cuya principal función es brindar soporte y protección al consumidor.

Normativa colombiana ([Ver Tabla 2](#)).

Tabla 2. Normativa colombiana.

Numero de norma	Tipo de documento	Titulo	Descripción
NTC 4368	Procedimiento	Eficiencia energética en sistemas	Proporciona métodos y procedimientos estadísticos para poder evaluar el rendimiento térmico en los sistemas

		calentamiento de agua con energía solar y componentes.	solares, además establece los requisitos que se debe tener en cuenta en los colectores solares de placa plana empleados en el calentamiento de agua.
NTC 3507	Producto	Energía solar instalación de sistemas domésticos de agua caliente que funcionen con energía solar.	Esta norma establece los requisitos mínimos que deben tener en cuenta las instalaciones de sistemas de agua caliente que funcionen con energía solar, están principalmente aplicados a sistemas domésticos autónomos para el suministro de agua caliente en edificios residenciales y casas vacacionales.
NTC 3322	Producto	Energía solar cauchos utilizados en los colectores solares de placa plana.	Especifica los requisitos que deben de tener los sellos usados en los colectores solares de placa plana, exceptuando los colectores solares pasivos instalados de manera vertical.
Numero de norma	Tipo de documento	Titulo	Descripción
NTC2960	Producto	Energía solar evaluación de los materiales utilizados en las cubiertas de colectores solares de placa plana.	Establece los procedimientos para la medición de las propiedades de los materiales y para la valoración de la duración de las cubiertas mediante comparación de valores iniciales vs valores finales en un proceso acelerado.
NTC 2774	Producto	Energía solar Máquinas y equipos evaluación de materiales aislantes térmicos empleados en colectores solares de placa plana.	Se establece una metodología de ensayo para evaluar las propiedades de materiales de aislantes térmicos empleados en colectores solares de placa plana.
NTC 2631	Métodos de ensayo	Energía solar medición de transmitancia y reflectancia fotométricas en materiales sometidos a radiación solar.	Establece la medición de la transmitancia y reflectancia luminosas a partir de los datos obtenidos mediante el método de ensayo de la norma ASTM e424 para el espectro de transmitancia y reflectancia de los materiales.
NTC 2461	Producto	Mecánica de colectores solares de placa plana para calentamiento de agua de consumo doméstico.	Se establecen los requisitos que se deben cumplir y métodos de ensayo a los que se someten los colectores solare de placa plana, utilizados en el calentamiento del agua.

Normativa internacional para colectores solares ([Ver Tabla 3](#)).

Tabla 3. Normativa internación de colector solar.

Normativa	Descripción
Iso 9803-3:1995	Métodos de prueba para colectores solares. Parte 3: Rendimiento térmico de colectores de calentamiento de líquido no vidriados (solo transferencia de calor sensible), incluida la caída de presión.
Normativa	Descripción
Iso 9459-2:1995	Calefacción solar. Sistemas de calentamiento de agua para uso doméstico. Parte 2: Métodos de prueba en exteriores para la caracterización del rendimiento del sistema y la predicción del rendimiento anual de los sistemas solo-solares.
ASHRAE 93	Métodos de prueba para determinar el rendimiento térmico de los colectores solares.
ASHRAE 94	Métodos de prueba. Dispositivos de almacenamiento térmico basados en rendimiento térmico.
ASTM E 772/84	Definiciones estándar de términos relacionados con la conversión de energía solar.

Se enunciaron las principales normas a nivel nacional e internacional asociados los colectores solares plano con el cual se pretende brincar mayor seguridad en cuestiones de calidad presentados al consumidor final.

3.4 Cronograma de actividades

En la siguiente página se ve el cronograma de actividades planteado en el desarrollo de investigación planteada ([Ver Tabla 4](#)).

Tabla 4. Cronograma de actividades.

ACTIVIDAD GENERAL DEL PROYECTO	SUB ACTIVIDADES QUE VA A DESARROLLAR EN EL PROYECTO	TIEMPO EN SEMANAS (6 MESES) 11 de marzo de 2020 al 11 de septiembre de 2020																								PRODUCTOS/ENTREGABLE	RESPONSABLE
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
Recolección de información	Recolección de información estado del arte, a partir de publicaciones arbitradas en bases de datos virtuales sobre colectores solares y Sistemas de Adquisición de datos DAQ para sistemas de Acuaponía																									Recopilación bibliográfica necesaria para la implementación de un sistema hidro solar con sistema variado de temperatura.	Estudiante Wilmar Encisar Barragan Baracaldo Ing. Faider Humberto Barrero Sánchez, Ing. Cesar Augusto Casas Díaz.
	Revisión bibliográfica en bases de datos virtuales de las normativas nacionales e internacionales para el análisis de sistemas del colector solar.																									Recopilación bibliográfica necesaria para la caracterización y toma de muestras para análisis del sistema colector solar	Estudiante Wilmar Encisar Barragan Baracaldo Ing. Faider Humberto Barrero Sánchez, Ing. Cesar Augusto Casas Díaz.
Diseño de sistema hidro solar con sistema variador de temperatura para el sistema de acuaponía en Fusagasugá.	Realizar un diagnóstico del manejo, cantidad, volumen y contenido porcentual de agua utilizado en sistema de colector solar Agua utilizada en sistema de hidro solar.																								Documento recopilatorio de información relacionada al diagnóstico del manejo, cantidad, volumen y contenido en porcentaje de agua utilizado en el sistema hidro solar	Estudiante Wilmar Encisar Barragan Baracaldo Ing. Faider Humberto Barrero Sánchez, Ing. Cesar Augusto Casas Díaz.	
	Diseño de los planos eléctricos para el sistema de colector solar (Sensores temperatura)																								Simulación del sistema y planos electrónicos (sensores). Archivo de la simulación en Software tridimensional.	Estudiante Wilmar Encisar Barragan Baracaldo Ing. Faider Humberto Barrero Sánchez, Ing. Cesar Augusto Casas Díaz.	
Implementación de sistema hidro solar con sistema de variador de temperatura para el	Socializar la propuesta de implementación, en un ambiente virtual con el grupo de																								Documento recopilatorio de mejoras a la simulación	Estudiante Wilmar Encisar Barragan Baracaldo Ing. Faider Humberto Barrero Sánchez, Ing.	

4. CAPÍTULO 4. DISEÑO METODOLÓGICO

Este proyecto se diseñó un sistema hidro-solar el cual es capaz mediante un sistema DAQ obtener datos de temperatura y pH, en el circuito cerrado con el fin de poder monitorear y mantener estas variables en unos valores ideales para un óptimo crecimiento del cultivo y peces ([Ver Figura 9](#)).

4.1 Etapa Análisis

Se considera un sistema electrónico en el cual se obtienen una serie de datos principales como son temperatura y PH, suministrando al diseño un control adecuado para el sistema acuapónico propuesto con el fin de llevarlo a un modelo a escala productiva ideal, Logrando remplazar los sistemas tradicionales y menos productivos.

4.2 Etapa de Diseño del sistema de adquisición de datos

Se esboza un prototipo del modelo electrónico el cual permite tener una adquisición de los datos en tiempo real mediante una conexión a internet también conocidos como IOT (internet de las cosas) y monitorear el procedimiento en el sistema hidro-solar a implementar.

4.3 Etapa de diseño del calentador-solar

De acuerdo con los diseños modelados en el simulador de Google sketchup se llevará a cabo el montaje del sistema acuapónico en el área preestablecida en el cual se desean llevar las pruebas del circuito cerrado de recirculación y uso de agua y ubicación de cada uno de los sensores. Se realiza un modelo a escala en el simulador de Google sketchup con el fin de visualizar ubicación de su montaje.

4.4 Etapa de desarrollo del sistema DAQ

Posterior al ensamble del modelo acuapónico se implementa un prototipo electrónico el cual nos permite adquirir diferentes parámetros entre ellas el pH temperatura, en los tanques del agua del circuito cerrado.

4.5 Etapa de verificación y validación

Se realizaron unas pruebas de desempeño a todos los sistemas unificados con el fin de llevar a cabo una integración correcta del sistema acuapónico analizando y tomando nuestras primeras variables con el fin de una mejora en el periodo de crecimiento y desarrollo de nuestro ecosistema de producción alimenticia.

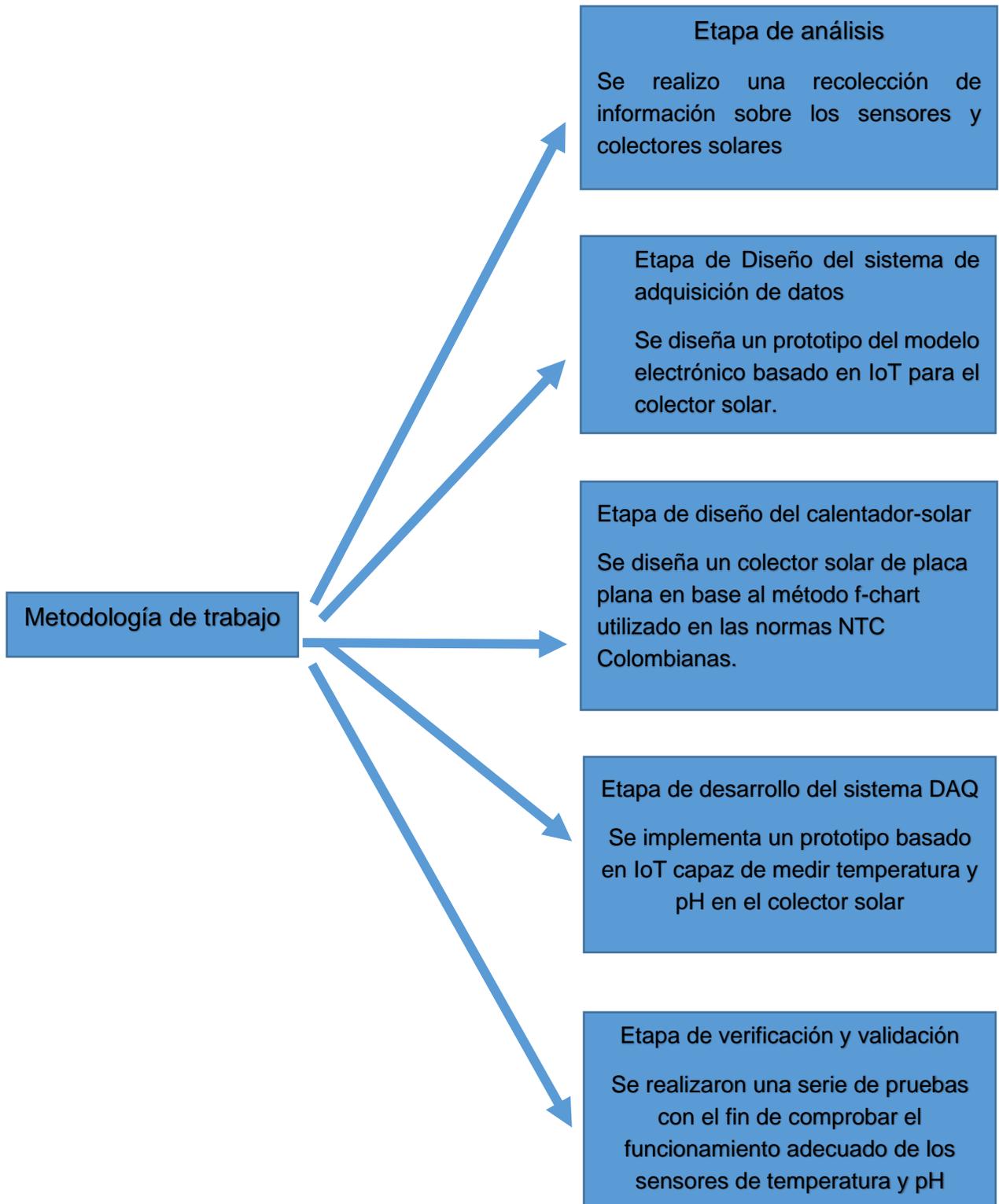


Figura 9. diagrama de flujo del plan de trabajo realizado.

5. CAPÍTULO 5. PLAN DE TRABAJO

Se realizaron unos cálculos basados en un artículo propuesto por (Juan Burbano, 2006) en base a un modelo matemático de un colector solar de placa plana básico con base en método f-chart y a las NTC colombianas.

Con el cual se determina las medidas y valores aproximados de nuestro modelo para poder cumplir con nuestros requerimientos básicos.

En donde:

$$A_c = \frac{L_{UA}}{\eta H_T} = \frac{\dot{Q}_{UA} + \dot{Q}_T}{\eta \bar{H}_T} \quad (1)$$

A_c :	área de la placa de absorción, [m ²]
L_{UA} :	carga térmica mensual, [GJ/año]
\dot{Q}_{UA} :	calor requerido para calentar el agua, [GJ/año]
\dot{Q}_T :	Pérdidas en el tanque, [GJ/año]
η :	eficiencia del colector (asumida)
H_T :	Radiación global promedio anual en la superficie inclinada, [kWh/m ² -día]

Se toma como mediada iniciales la radiación solar anual en la zona a implementar en este caso será en la Universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá, se ubicará el colector en un lugar donde se tenga una gran cantidad de radiación solar en el mayor tiempo del día.

Para la radiación global promedio anual en la superficie, se toman datos obtenidos en el manual de radiación solar en Colombia, situados en el municipio de Fusagasugá -Cundinamarca.

$$\bar{H}_T = H = 4.82 \text{ [kWh/m}^2\text{-día]} = 17.35 \text{ MJ/m}^2\text{-día}$$

En el área del colector solar y el termotanque se calculará la carga térmica mensual, en la cual se tendrá en cuenta el calor necesario para obtener 200 litros diarios a una temperatura promedio de 50°C.

Donde:

$$Q_{UA} = \dot{m} N C_p (T_f - T_0) \quad (2)$$

Donde:

\dot{m} : Consumo diario de agua caliente en Kg/día.

N: Días del año.

C_p : Calor específico del agua en J/kg °C.

T_f : Temperatura final del agua en °C.

T_0 : Temperatura inicial del agua, aproximadamente tres grados menos a la temperatura ambiente (18°C).

T_a : Temperatura ambiente en °C.

Se suponen las pérdidas en el termotanque despreciables para el cálculo del área del colector solar de placa plana.

Por lo tanto, en este caso será solo necesario conocer la carga para el calentamiento del agua.

$$Q_{UA} = 200 * 365 * 4190 * (50 - 18) = 9787.840 \text{ MJ/año. (2)}$$

Se requiere de 9787.840 MJ/año, esto con el fin de poder satisfacer la necesidad del agua caliente en el sistema acuapónico, esto sin contar las pérdidas presentadas por el termotanque, Para poder determinar el área de la placa de absorción se obtiene de acuerdo con la ecuación (1).

De acuerdo con los valores obtenidos anteriormente y considerando una eficiencia en el modelo del 50% se procedió a realizar la siguiente ecuación.

Donde:

$$A_C = \frac{9787.840 \text{ MJ/año}}{0,5 * 17.35 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{día}} * 365 \frac{\text{días}}{\text{año}}} = 3,091 \text{ m}^2 (1)$$

El área necesaria para cumplir con este suministro de calefacción para el sistema deberá ser de aproximadamente 3,091 M^2 suponiendo que no se tiene en cuenta las pérdidas producidas por el tanque.

El diámetro del tanque a utilizar tendrá un aproximado de 60 cm con una altura de 88 cm el volumen del tanque será:

$$V_T = \pi * 60^2 * 90 = 0.141 \text{ M}^3 = 200 \text{ L}$$

Capacidad de agua dentro del colector solar se tomará de la misma manera en la que se toma el volumen del tanque con la anterior formular por lo tanto será:

$$V_T = \pi * 1.2^2 * 5.400 = 0.141 \text{ M}^3 = 141 \text{ L}$$

La superficie del colector se recubre con una pintura negra mate para dar lugar a una superficie absorbente, aumentando la absorción de energía radiante de longitud de onda corta, disminuyendo la emisión de energía de radiante de longitud de energía larga (infrarrojo), debido a esto el coeficiente de pérdida de calor en el colector será más bajo.

Con estos parámetros se tienen los datos suficientes para poder diseñar y modelar el colector solar que se empleara en el sistema acuapónico el cual se implementara en la universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá como un proyecto a escala en fase de pruebas.

5.1 Construcción del colector solar

Se procederá a construir el colector solar de acuerdo a nuestros requerimientos anteriormente formulados para este caso se llevará a cabo para un sistema acuapónico con una capacidad de 200 litros ([Ver Figura 11](#)), el área del colector para esta capacidad es de 3 metros cuadrados aproximadamente por lo tanto se necesitó de 20 Tubos PVC ½" cortados a 1.50metros cada uno, luego se unirán en cada extremo del tubo PVC unas Tee's y se utilizaran unos separadores previamente cortados de 7cm cada uno ,para poder lograr la distancia y área adecuada entre cada uno, se utilizaran dos codos con el cual se planea cerrar dos de las cuatros posibles conexiones dejando solamente dos conexiones una para el ingreso del fluido y otra para la salida del fluido ([Ver Figura 10](#)) .

Estas conexiones serán protegidas por una caja hecha en madera lo cual garantiza durabilidad y firmeza a la estructura, se cubrirá la estructura en la parte inferior de la caja con papel aluminio con el fin de poder lograr una mejor captación de los rayos solares que esta capturara, se implementara una cubierta transparente que permitirá el paso de los rayos solares y creando a su misma ves un efecto invernadero que ayudara al sistema a garantizar temperaturas necesarias para el almacenamiento calorífico en el termo-tanque.

La disposición de la ubicación del sistema DAQ basado en IoT de temperatura y pH para el sistema consta de tres sensores de temperatura colocados en las respectivas entradas y salida del termo-tanque y uno que será situado en el tanque de peces con el sensor de pH ,los sensores estarán conectados por medio de una conexión a internet permitiendo al usuario poder tener acceso a los datos otorgados por el sistema en tiempo real y logrando poder determinar acciones preventivas en el sistema acuapónico

En el diseño se estableció como prevención a futuros mantenimientos del colector solar plano la implementación de llaves de paso en el tanque colector con el fin de al momento del mantenimiento no perder la última carga de agua en el sistema.

En simulaciones previas a la construcción, se realizaron en SketchUp con el fin de poder ilustrar al usuario el modelo de referencia a seguir y conexiones con respecto al sistema acuapónico.

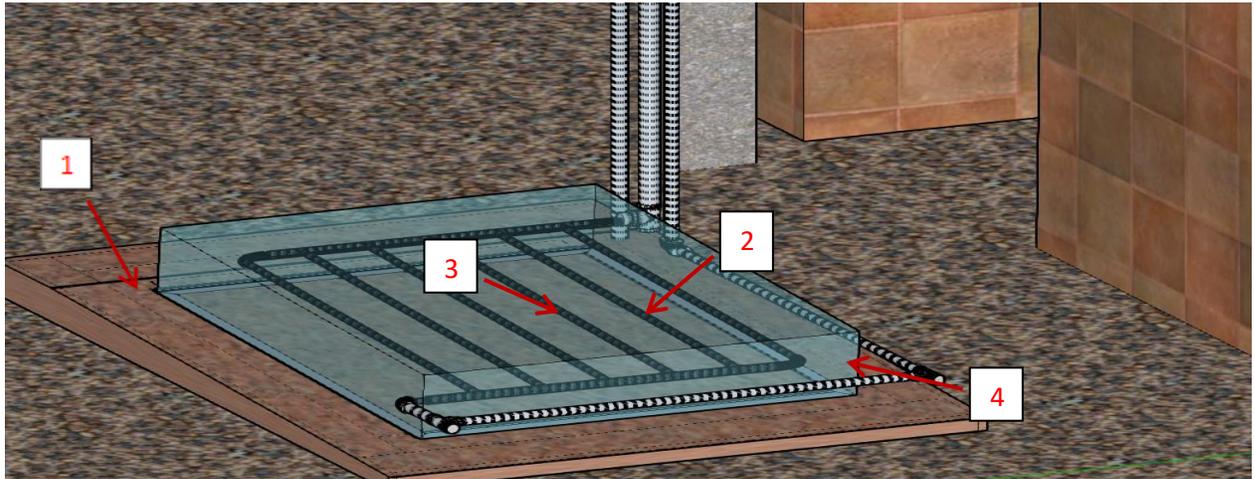


Figura 10. Modelo diseñado en sketchup de un colector solar.

En la figura 10, Se puede observar una representación del diseño implementado el cual está conformado de la siguiente manera:

1. Una base (caja) cubierta en papel aluminio la cual consiste en reflejar y aumentar la radiación solar entrante.
2. Una parrilla de 20 Tubos PVC $\frac{1}{2}$ " cortados a 1.50metros cada uno y una anchura de 2 metros para así cumplir con lo previsto en el modelo matemático realizado.
3. La tubería PVC será pintada con negro mate para aumentar la absorción y retener energía, que luego posteriormente se convertirá en calor por medio de la radiación solar.
4. Una cubierta transparente con el fin de permitir el paso de la radiación solar creara un efecto invernadero para aumentar la temperatura dentro de la caja.

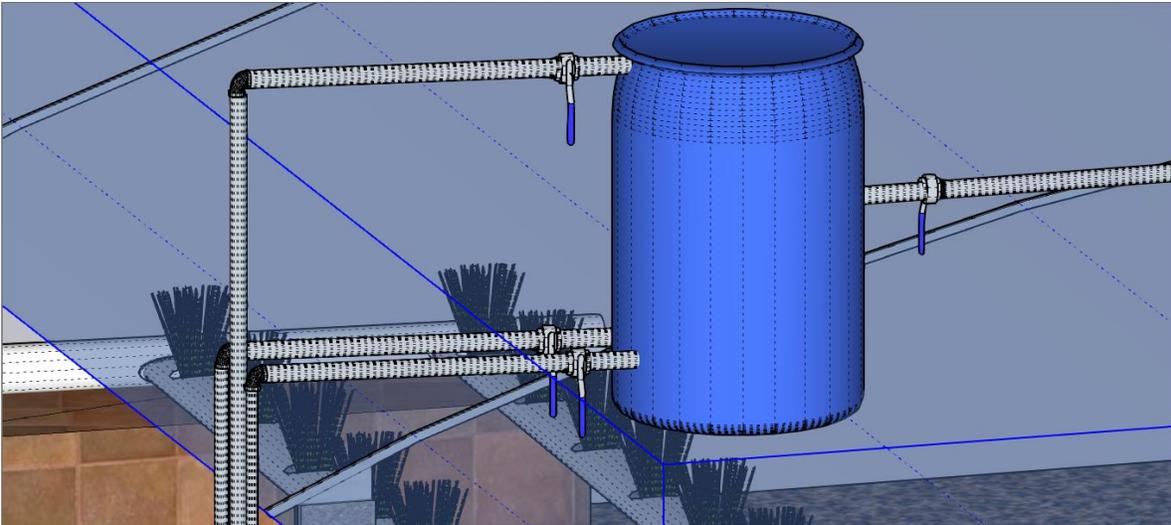


Figura 11. Diseño del termotanque con sus respectivas conexiones.

En la siguiente figura ([Ver Figura 12](#)) se podrán observar la distribución de tuberías que tendrá el termotanque de la siguiente manera:

1. Entrada de agua desde la conexión del predio
2. Salida de agua del termotanque hacia el colector solar
3. Entrada de agua del colector solar hacia el termotanque
4. Salida de agua caliente hacia el sistema acuapónico

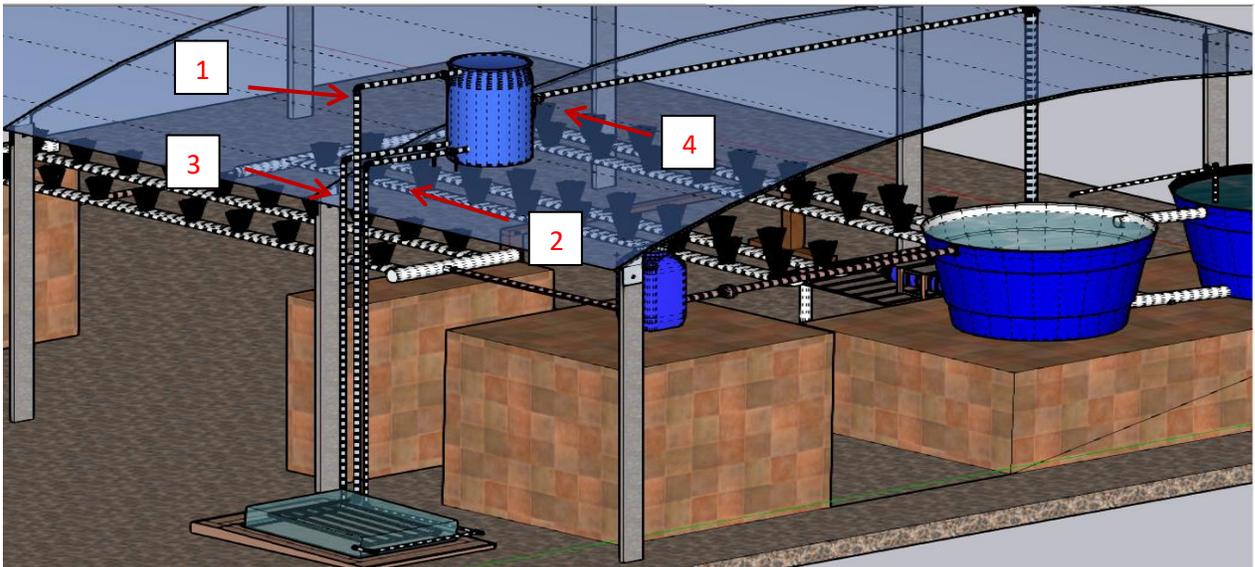


Figura 12. Modelo en 3d del colector solar en un sistema acuapónico a implementar.

Se puede observar la distribución que tendrá el modelo acuapónico en la universidad de Cundinamarca ([Ver Figura 13](#)).



Figura 13. Montaje y construcción del sistema acuapónico en la universidad de Cundinamarca.

5.1.1 Metodología del sistema acuapónico

Se identificaron algunos componentes para el prototipo del sistema acuapónico modificando y ajustando una estructura existente con anterioridad en la universidad de Cundinamarca, se ubicaran dos especies de peces (carpa dorada y mojarra), en los tanques de agua se introducirán alevines traídos desde el municipio de Granada, en el proceso se recirculara el agua de los tanques por las camas de producción de las plantas de lechuga y peces ([Ver Tabla 5](#)), en los tanques de peces se implementó un sistema de monitoreo de temperatura y pH basado en IoT.

Se realizo además una pequeña investigación de otros tipos de peces a poder implementar según modificaciones y posibles dificultades al importar las especies escogidas con anterioridad para el proyecto.

Tabla 5. Rangos generales de tolerancia de calidad de agua para peces y plantas. (Somerville C., 2014)

Tipo de organismo	T °C	pH	NAT (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	OD (mg/L)
Peces de aguas cálidas	22-32	6,0-8,5	<3	<1	<400	4-6
Peces de aguas frías	10-18	6,0-8,5	<1	<0,1	<400	6-8
Plantas	16-30	5,5-7,5	<30	<1		>3
Bacterias nitrificantes	14-34	6,0-8,5	<3	<1		4-8

5.1.2 Parámetros de calidad del agua

Se investigaron datos de condiciones óptimas para el sistema acuapónico, como lo son las variables fisicoquímicas requeridas en el sistema para obtener un óptimo

crecimiento en las especies ([Ver Tabla 6](#)), generando una oferta de proteína a bajo costo con el fin de abastecer la seguridad alimentaria propuesta del proyecto.

Tabla 6. Tolerancia en parámetros de calidad de agua. (Somerville C., 2014)

Especie de cultivo	Temperatura °C		Nitrógeno NAT (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Oxígeno (mg/L)	% Proteína en alimento	Tiempo de crecimiento
	Vit.	Ópt.					
Carpa común (<i>Cyprinus carpio</i>)	4-34	25-30	<1	<1	>4	30 a 38	600 g en 10 meses
Tilapia del Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	14-36	27-30	<2	<1	>4	28 a 32	600 g en 7 meses
Bagre del canal (<i>Ictalurus punctatus</i>)	5-34	25-30	<1	<1	>3	25 a 36	400 g en 8 meses
Trucha arco iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	10--18	14-16	<0,5	<0,3	>6	42	1 kg en 15 meses
Cabeza chata (<i>Amblystoma amblycephalum</i>)	8-32	20-27	<1	<1	>4	30 a 34	750 g en 10 meses
Camarón de agua dulce (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>)	18-34	25-29	<0,5	<2	>3	35	30 g en 4 meses

Según los parámetros en la investigación realizada se observó un crecimiento óptimo en las especies de plantas ([Ver Tabla 8](#)) y peces ([Ver Tabla 7](#)), con unas temperaturas en promedio de 20°C a 22 °C y un pH neutro obteniendo los siguientes datos.

Tabla 7. Condiciones óptimas para la producción piscícola (INTAGRI, 2017).

ESPECIE	T °C	pH	OD	NO ₂ / NO ₃
CARPA DORADA (<i>Carassius auratus auratus</i>)	20 a 29 °C	5 a 9 ideal 6 a 8	3 a 5 mg/L	<0,1 mg/ L <400 mg/L
MOJARRA (<i>Diplodus annularis</i>)	22 a 26 °C	5 a 9 pH ideal 7.5	> 4 mg/L	<0,1 mg/L

Tabla 8. Condiciones óptimas para la producción lechuga (INTAGRI, 2017).

ESPECIE	pH	TIEMPO DE CRECIMIENTO (SEMANA)	TEMPERATURA °C	EXPOSICIÓN SOLAR
LECHUGA (<i>Lactuca sativa</i>)	6 a 7	4 – 5	15 – 22	Moderada – Alta

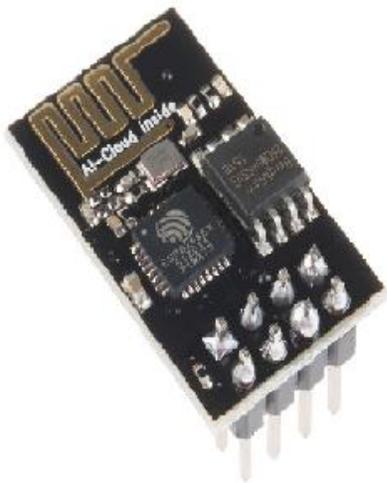
Para el sostenimiento adecuado del sistema se debe estar monitoreando los parámetros de temperatura y pH del tanque, con el fin de lograr obtener unos niveles óptimos para el desarrollo de las especies y plantas.

5.2 Sistema de adquisición de datos DAQ y sensores

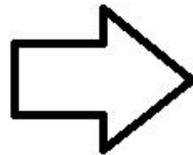
Se describe a continuación los sensores y materiales utilizados en la implementación de circuito electrónico implementado en el proceso del diseño del sistema DAQ de pH y temperatura.

5.2.1 Board nodemcu WI-FI basado en esp32 para aplicaciones de IoT

El módulo ESP32 fue desarrollado por la compañía **Espressif Systems** con el único fin de ofrecer un producto de bajo costo y consumo energético, este módulo trae consigo un módulo de Wifi y bluetooth en modo dual integrado diseñado específicamente para poder ofrecer un entorno de comunicación entre plataformas también llamados el internet de las cosas, el módulo esp32 es la evolución del microcontrolador esp8266 ([Ver Figura 14](#)) el cual dio a inicio a la era del internet de las cosas aun un bajo costo.



Modulo esp8266



Modulo esp32

Figura 14. Evolución del módulo de IoT desarrollado por la compañía **Espressif Systems**

El esp32 trae consigo una gran mejora en procesamiento computacional y capacidades de comunicación además de la inclusión de un regulador de voltaje permitiendo una alimentación por medio del puerto serial USB. Haciendo que los pines de entrada y salida trabajen a 3.3V. También cuenta con un chip CP2102 encargado de la comunicación USB. Además, cuenta con las siguientes características ([Ver Tabla 9](#)).

Tabla 9. Características principales del módulo esp32.

Características	Descripción
Módulo ESP32	ESP-WROOM-32 de Espressif
Microprocesador	Tensilica Xtensa 32-bit LX6
Conectividad	Wi-Fi: 802.11 b/g/n/e/i (802.11n @ 2.4 GHz hasta 150 Mbit/s)
Pines Digitales GPIO	24 (Algunos pines solo como entrada)
Chip USB-Serial:	CP2102
Voltaje de Alimentación	USB 5V DC

5.2.2 Board WIFI wemos lolin32 basado en esp32

El módulo wemos lolin32 ([Ver Figura 15](#)) fabricado por **Espressif Systems**, se basa en el módulo ESP32, a diferencia de este incorpora un circuito de carga de batería Lilon / LiPo, el cual nos permitirá el uso de unas baterías como carga de la tarjeta para proyectos portátiles, además de este agregado se encontrara la integración de más funcionalidades respecto al módulo esp32 a continuación se verán algunas características ([Ver Tabla 10](#)).

Tabla 10. Características principales del módulo NODEMCU WIFI ESP32.

Características	Descripción
Módulo ESP32	ESP-WROOM-32 de Espressif
Microprocesador	Doble núcleo de 240MHz equipado con Memoria flash de 4MB SPI.
Conectividad	WIFI 802.11 b / g / n
Conexiones	Todas las salidas pueden ser PWM 18 entradas analógicas 3x UART, 3x SPI 2x I2S ,2x DAC, 2x I2C.
Puerto de carga	Carga de batería Lilon/Lipo de hasta 500mA

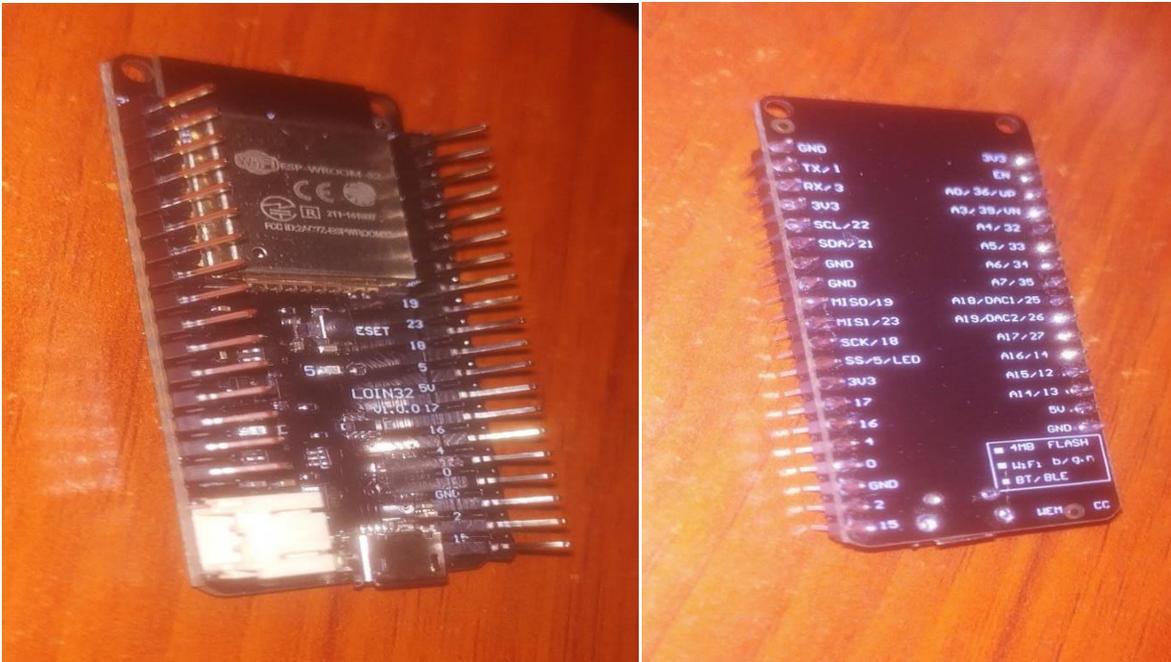


Figura 15. WIFI Wemos Lolin32 Basado En Esp32.

5.2.3 Sensor de temperatura a prueba de agua ds18b20

El sensor de temperatura ds18b20 ([Ver Figura 16](#)) se encuentra cubierto e impermeabilizado por una lámina en acero inoxidable, siendo ideal para lugares externos o en este caso será implementado en unos tanques de piscicultura y colector solar de placa plana. El sensor soporta temperaturas hasta de 125°C y gracias a que es una señal digital no tiene problemas de comunicación incluso a una larga distancia, El sensor de temperatura DS18B20 se conecta por medio de una interfaz **one-wire**, de modo que solo utiliza una entrada de datos, otra suministrara la fuente de alimentación en rangos de (3v a 5.5v) y otra conectada a tierra.

Tiene dos modos de operación conectada en modo parasito o con fuente de alimentación externa, también dispone de un código de serie único de 64 bits el cual permite conectar varios sensores al mismo cable de datos el cual puede obtener varios resultados de temperatura utilizando un solo puerto GPIO.



Figura 16. Sensor temperatura a prueba de agua ds18b20 (Negro (GND), Amarillo (DATA) Rojo (VCC)) fuente propia.

5.2.4 Resolución e identificación del sensor a prueba de agua ds18b20

Unas de las principales propiedades del sensor ds18b20 es la capacidad de poder trabajar a diferentes resoluciones, cuando se habla de resolución en el sensor se refiere a la variación mínima a la que este puede medir entre dos temperaturas el sensor DS18B20 soporta resoluciones de 9-bit a 12-bit. Este opera por defecto a un valor de 12-bits ([Ver Tabla 11](#)).

Tabla 11. Variación para cada resolución DS18B20.

RESOLUCION EN BITS	TEMPERATURA
9	0.5°C
10	0.25°C
11	0.125°C
12	0.0625°C

El DS18B20 incorpora una memoria de 64-bit con el cual logra almacenar un identificador o dirección única para cada DS18B20. De esta manera se logra identificar de manera independiente los sensores conectados al propio bus de comunicación, como adicional incorpora un sistema de verificación de redundancia cíclica CRC el cual detecta errores en los datos almacenándolo en la memoria disponiendo de dos alarmas que se activan si la temperatura llega a su máximo o mínimo que soporta el sensor.

5.2.5 CALIBRACION DEL SENSOR TEMPERATURA DE MANERA EXPERIMENTAL

Se procedió a comparar diferentes valores obtenidos por el sensor de temperatura del sistema con un termómetro digital con el fin de poder hacer verídica las mediciones otorgadas por el sensor DS18B20.

En la siguiente figura ([Ver Figura 17](#)) se podrán evidenciar algunas temperaturas obtenidas por el termómetro digital versus el sensor DS18B20.

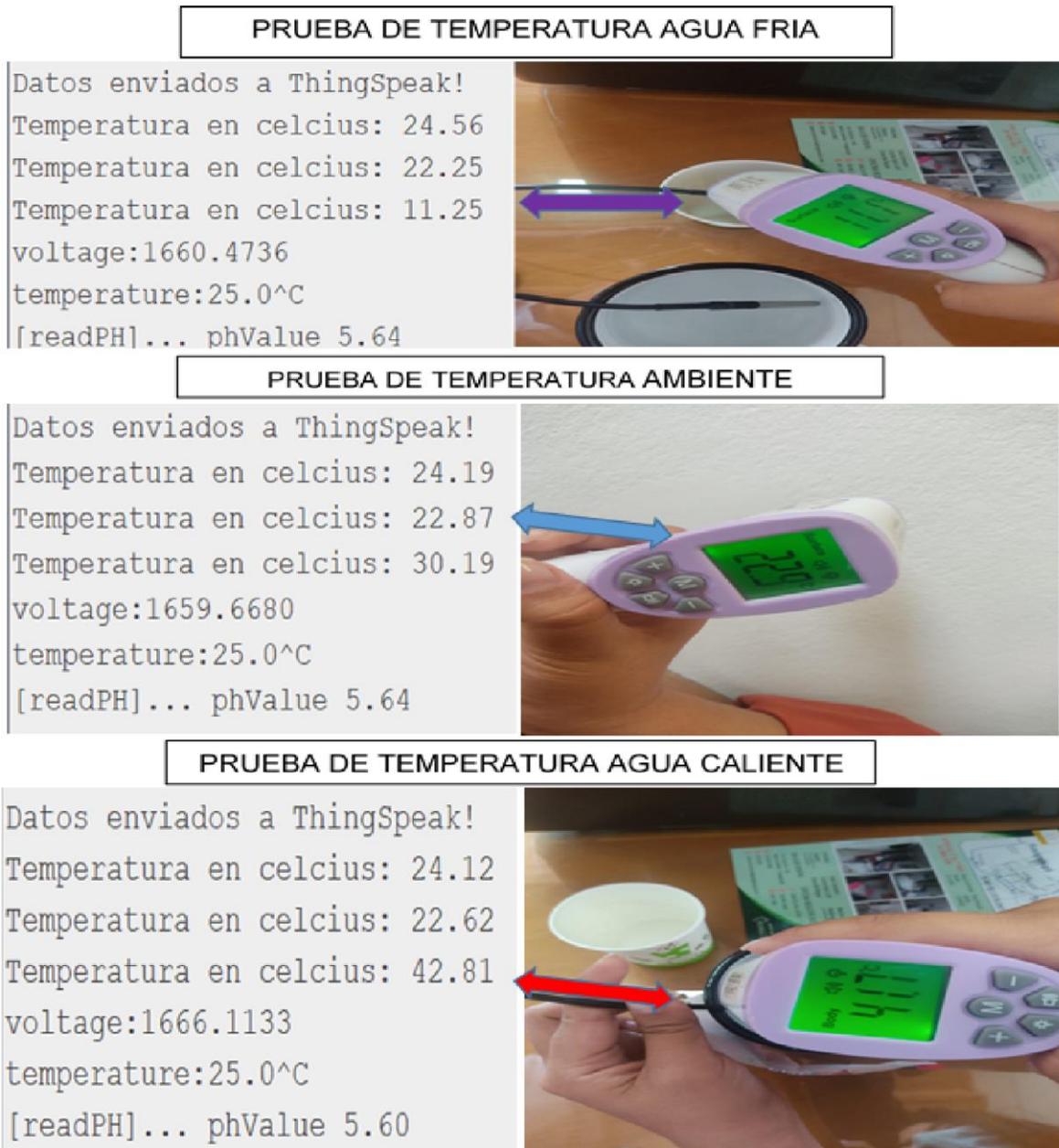


Figura 17 Comparación de temperatura del sensor ds18b20 versus termómetro digital.

Como resultado de la comparativa en diferentes tipos de temperaturas, se procedió a realizar una pequeña simulación en diferentes tipos de ambientes con el fin de poder demostrar y observar el funcionamiento y calibración de los sensores en el sistema.

Se logro observar con un margen de error respecto al termómetro digital un valor no máximo a un grado centígrado

5.2.6 Sensor de pH sen0169 para Arduino

El medidor de PH analógico se encuentra diseñado para entornos de trabajo Arduino el cual cuenta con un conector BNC para conectar la sonda por medio de una interfaz PH 2.0, el cual facilitara la conexión entre el sensor y el Arduino, sensor de potencial de hidrogeno (PH) ([Ver Figura 18](#)). Es un sensor transductor el cual logra medir la diferencia de potencial eléctrica.

A diferencia su versión económica como gran ventaja se encuentra son las condiciones en la que el sensor es capaz de operar ([Ver Tabla 12](#)). Este al ser un tipo profesional logra suministrar medidas continuas por más de dos años sin ser retirado del agua.



Figura 18. Sensor de pH sen0169.

Tabla 12. Características del sensor de pH DFROBOT SEN0169.

Características	Valor
Marca	DFROBOT SEN0169
Voltaje de alimentación:	5 VDC
Rango de medición:	0 - 14PH
Temperatura de medición:	0 - 60 °C
Precisión:	± 0.1pH (25 °C)
Tiempo de respuesta:	≤ 1min
Tamaño del módulo:	43 x 32 mm
Tipo de conector del sensor:	Conector BNC

Se establece los parámetros del sensor de manera matemática mediante la siguiente ecuación de la recta.

En donde:

$$y = mx + b \quad (5)$$

Se despeja para halla b

$$b = y - mx \quad (6)$$

$$b = 0 - (-59.16) * 7 = 414.12$$

Se despeja para hallar m

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} (7) = \frac{-414,12-0}{14-7} = \frac{-414,12}{7} = -59.16$$

Después de obtener estos resultados se define que la variable (x) será el valor de pH a hallar ([Ver Tabla 13](#)), dando por consiguiente como ejemplo un pH a 7 nos dará el siguiente valor.

$$y = -59.16(7) + 414.12 = 0 \quad (5).$$

Tabla 13. Características del electrodo respecto a voltaje y pH según el fabricante a 25°C.

VOLTAJE (mV)	VALOR (pH)
414.12	0.00
354.96	1.00
295.80	2.00
236.64	3.00
177.48	4.00
118.32	5.00
59.16	6.00
0	7.00
-59.16	8.00

-118.32	9.00
-177.48	10.00
-236.64	11.00
-295.80	12.00
-354.96	13.00
-414.12	14.00

5.3 Instalación del WEMOS LOLIN32 en el IDE Arduino

Debido al modo de operación del módulo serán necesarios unos pasos en el cual se instalará un emulador de código Arduino para el esp32, el cual se descargará e instalará por medio del entorno gráfico de GIT.

- **Paso 1**

Descargar e instalar el gestor de GIT del siguiente link. (<https://git-scm.com/download/win>).

Se abrirá en una pestaña por defecto con la siguiente información ([Ver Figura 19](#)), la cual dependiendo el sistema operativo a usar se seleccionará la opción a descargar.



Figura 19. Página y opción por descargar del gestor GIT.

Se ejecutará el programa de instalación del entorno GIT y se dará clic en next hasta instalar el programa de manera predeterminada ([Ver Figura 20](#)).

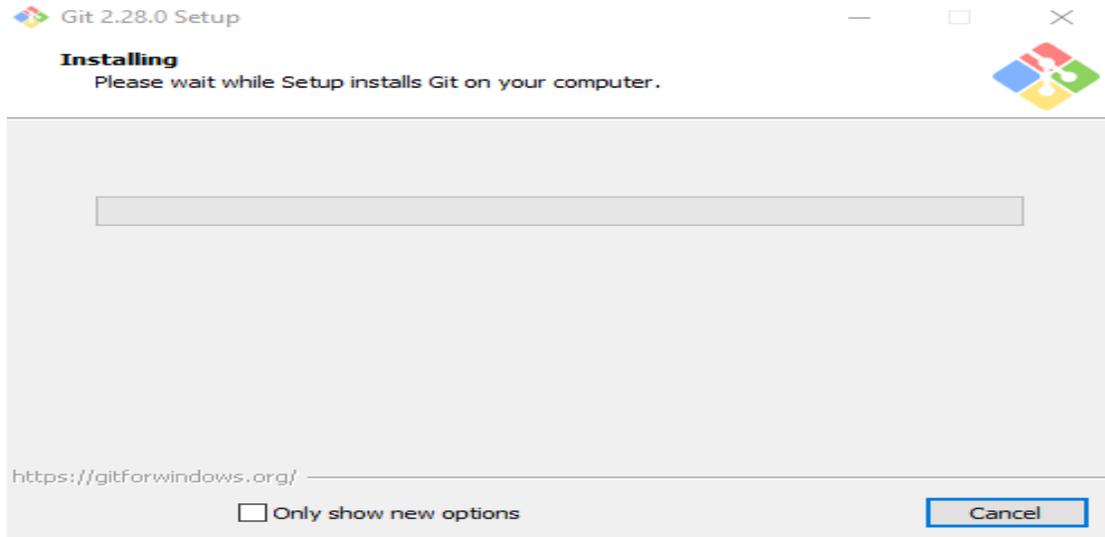


Figura 20. Instalación del GIT.

- **Paso 2**

Se ejecutará Git Gui y se procederá a dar clic en la segunda opción (Clone Existing Repository) ([Ver Figura 21](#)).

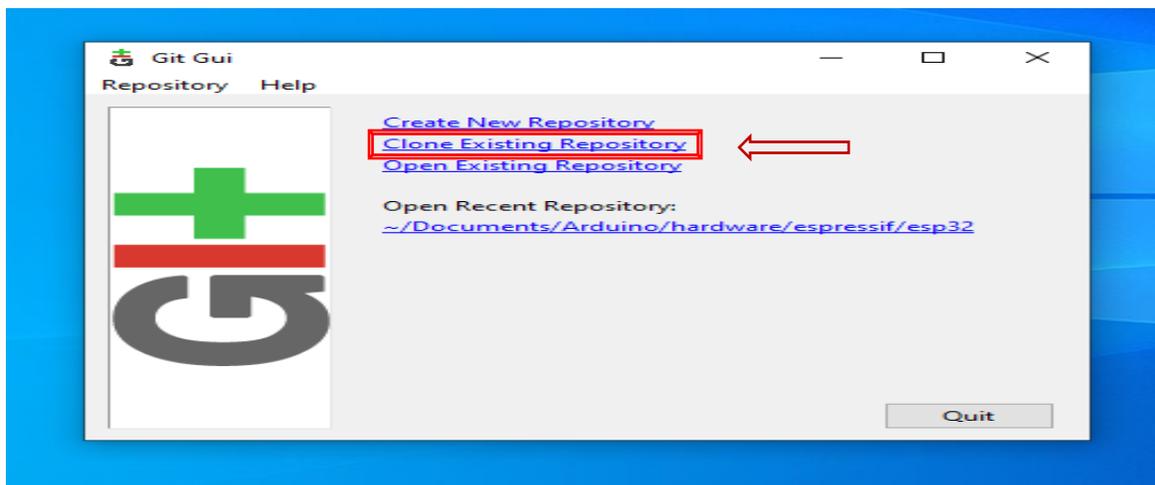


Figura 21. Ejecución del Git Gui.

- **Paso 3**

Se observarán dos opciones en donde se insertará la ubicación del repositorio del código del esp32 a descargar y otra donde se ubicará la carpeta del directorio Arduino a instalar las librerías ([Ver Figura 22](#)).

Después se procederá a dar clic en clone e iniciar el proceso de descarga de los archivos del esp32.

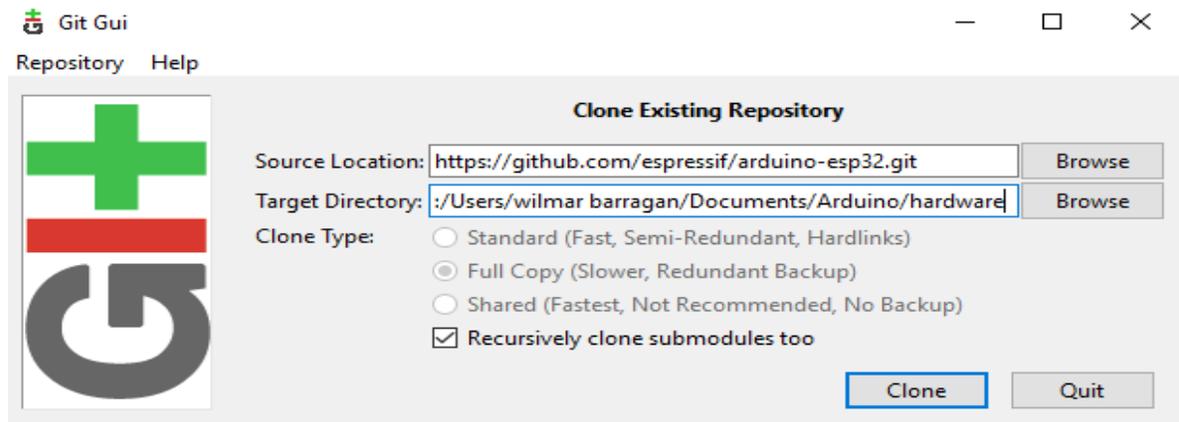


Figura 22. Clonar repositorio existente de internet y ubicación de instalación de archivos del esp32.

- **Paso 4**

Al finalizar la descarga de los archivos del Git Hub sobre el esp32 ([Ver Figura 23](#)), se ejecutará el programa GET ubicado en la carpeta tools.

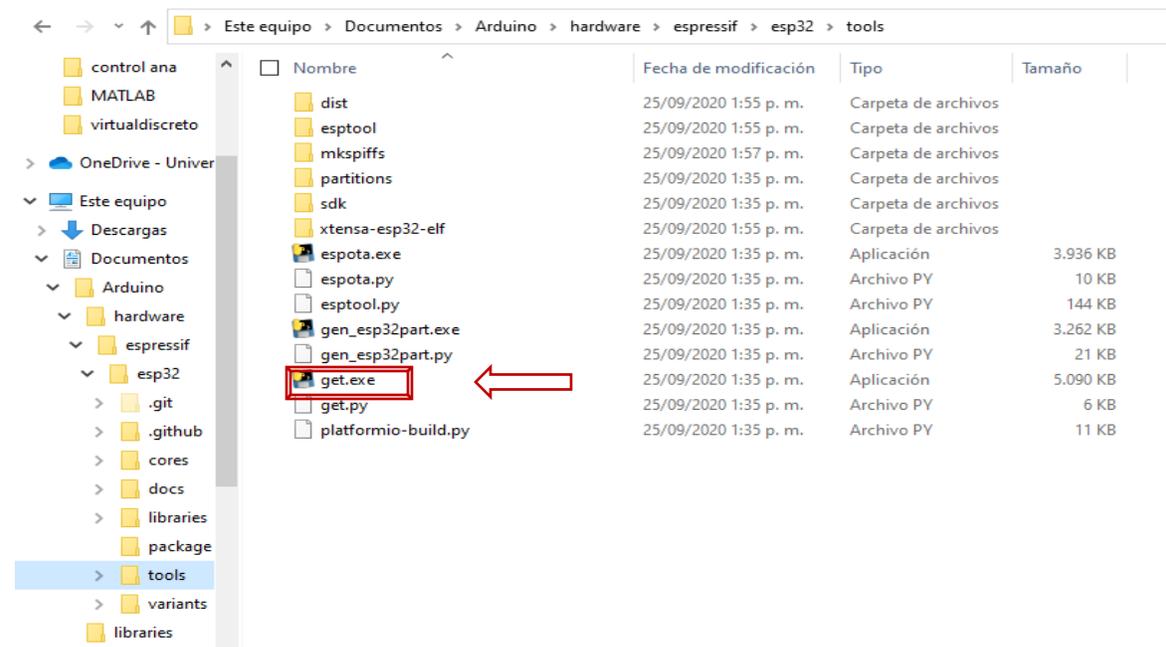


Figura 23. Ejecución del archivo GET.

- **Paso 5**

Después de la ejecución del Get este procederá a descargar unos archivos necesarios para poder utilizar el ESP32 con el IDE de Arduino ([Ver Figura 24](#)).

```
C:\Users\wilmar barragan\Documents\Arduino\hardware\espressif\esp32\tools\get.exe
System: Windows, Info: Windows-10-10.0.19041
Platform: i686-mingw32
Tool xtensa-esp32-elf-win32-1.22.0-80-g6c4433a-5.2.0.zip already downloaded
Extracting xtensa-esp32-elf-win32-1.22.0-80-g6c4433a-5.2.0.zip
```

Figura 24. Descarga y extracción de archivos del IDE Arduino esp32.

- **Paso 6**

Comprobación de la instalación de los archivos necesarios del esp32 para poder usar en el IDE de Arduino ([Ver Figura 25](#)).

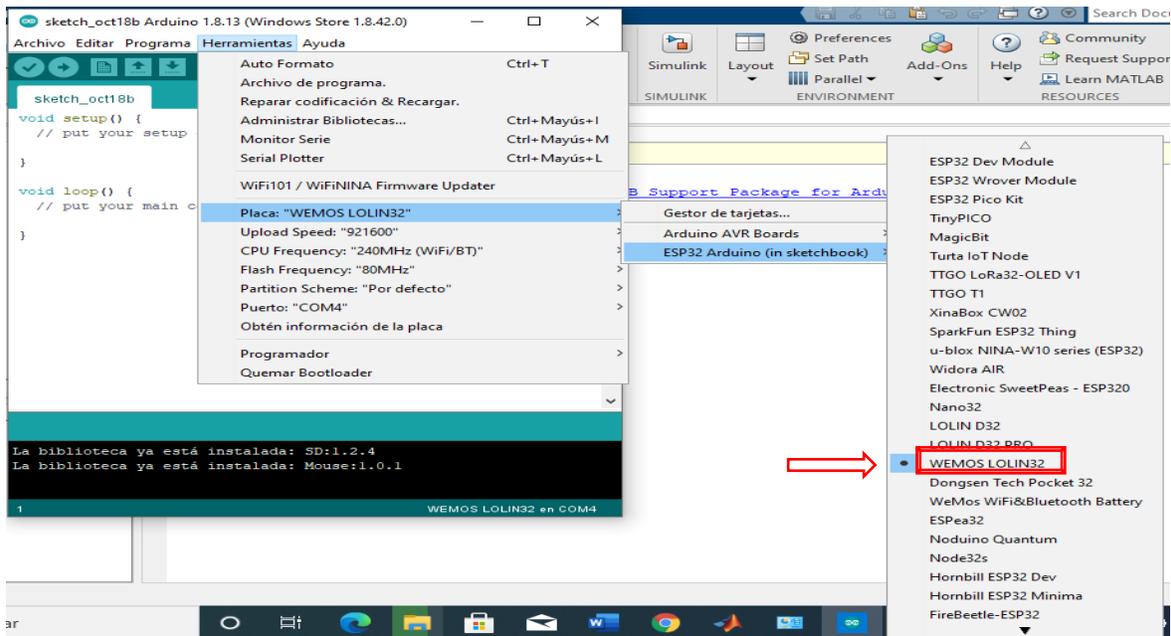


Figura 25. Comprobación de paquetes instalados del esp32 en IDE Arduino

- **Paso 7**

Comprobación del puerto COM de la tarjeta WEMOS LONLIN32 ([Ver Figura 26](#)).

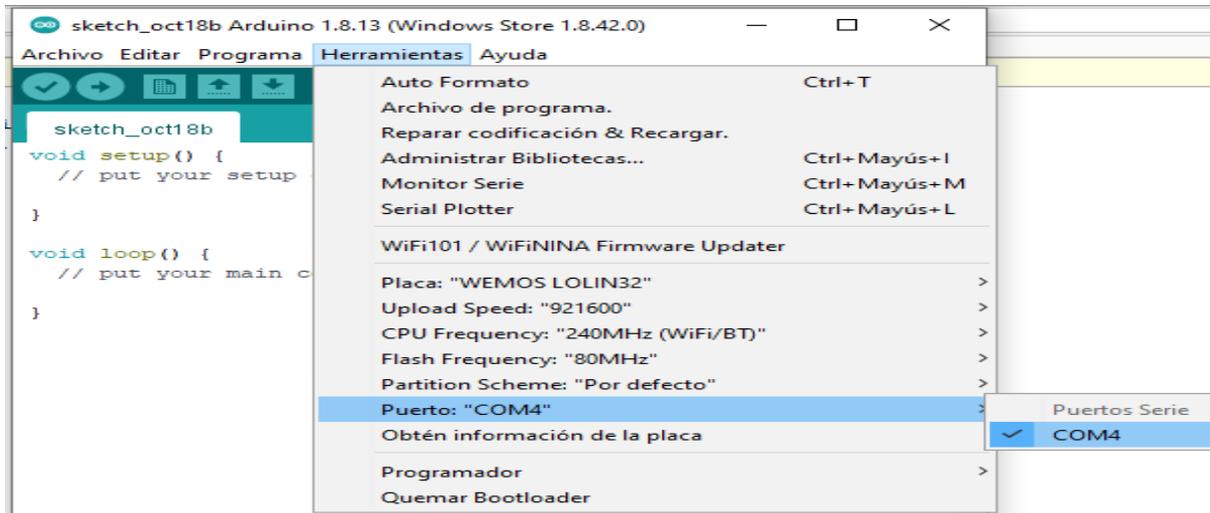


Figura 26. Puerto de conexión del WEMOS LOLIN32.

Con estos pasos se puede realizar una instalación correcta de las librerías en el IDE de Arduino, necesarias para el uso del módulo esp32 y sus variantes.

5.4 ThingSpeak

Plataforma cloud de IOT (internet of things) que permite recolectar y guardar los datos recibidos de los sensores en la nube y diseñar aplicaciones del internet de las cosas, por medio de esta plataforma de Matlab permite analizar y visualizar los datos obtenidos, los sensores envían datos al Arduino y este posteriormente se conecta a una red WIFI permitiendo subir los datos a la plataforma ThingSpeak.

5.4.1 Opciones de licencia

La plataforma de ThingSpeak se encuentra disponible como un servicio gratuito para proyectos no comerciales, otorgando al usuario cerca de 3 millones de mensajes por año alrededor de 8200 mensajes al día, para proyectos más grandes o comerciales se ofrecen otros tipo de licencias el cual permite más capacidad de mensajes al año, para la realización del proyecto se determinó que la licencia gratuita cumple con los requisitos básicos necesarios para poder visualizar la información entregada por el sistema acuapónico.

5.4.2 Crear cuenta en ThingSpeak

se procede a demostrar el proceso de la creación de una cuenta en ThingSpeak con el fin de poder facilitar la integración de los datos obtenidos por el sistema IoT.

- **Paso 1**

Se introduce la siguiente dirección <https://thingspeak.com/> en su navegador predeterminado ([Ver Figura 27](#)).



Figura 27. Página inicial de ThingSpeak.

- **Paso 2**

Se introduce un correo electrónico y contraseña asociado a mathworks ([Ver Figura 28](#)).



Figura 28. Inicio de sesión en ThingSpeak.

- **Paso 3**

Se Crea un canal nuevo ([Ver Figura 29](#)).

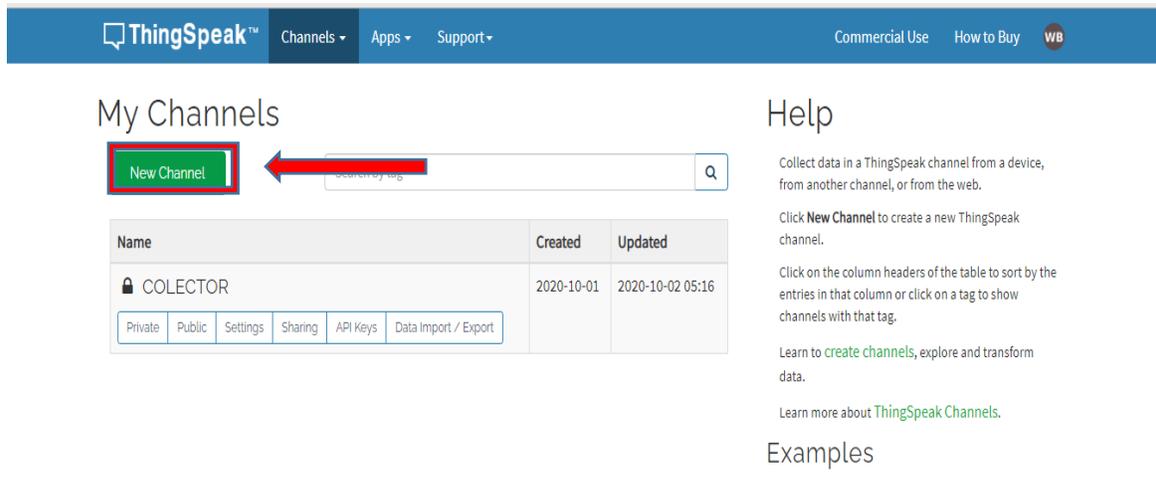


Figura 29. Creación de un canal en ThingSpeak.

- **Paso 4**

Configuración del canal se introduce los datos correspondientes como el nombre de su proyecto y cantidad de widgets que desea tener monitoreado ([Ver Figura 30](#)).

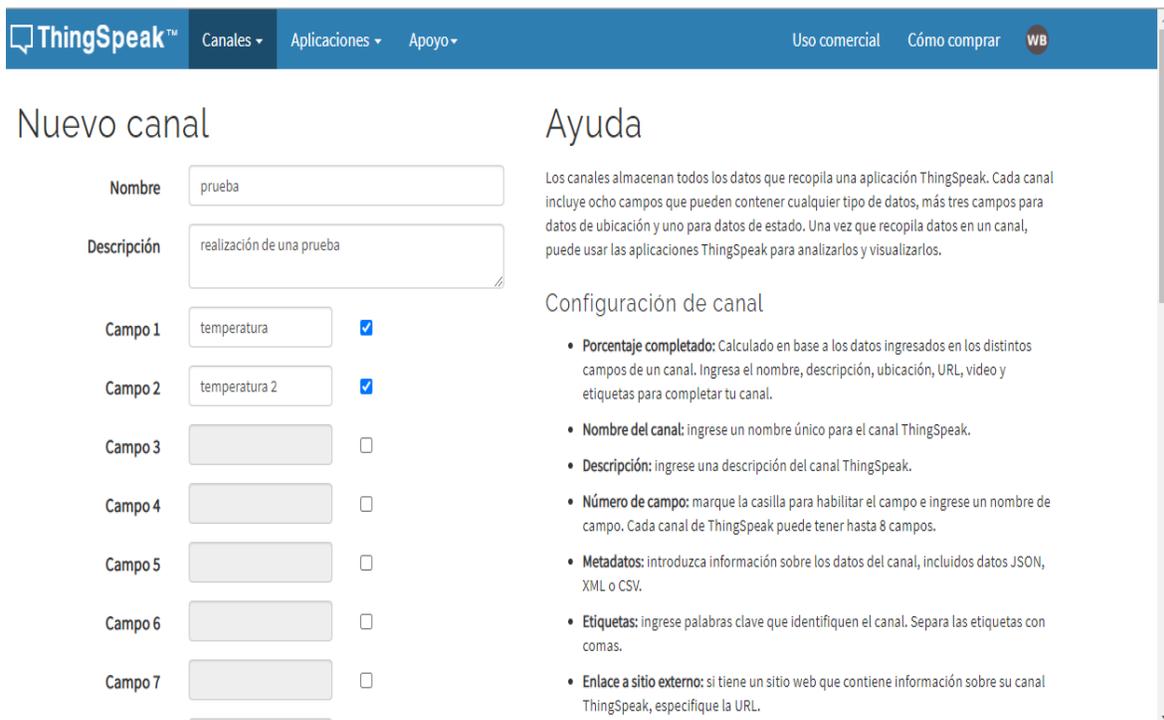


Figura 30. Configuración del canal.

- **Paso 5**

Se visualizará el id del usuario otorgado y claves para su ingreso privado o público al proyecto IOT (Ver Figura 31).

The screenshot shows the ThingSpeak interface for a channel named 'prueba'. The header includes the ThingSpeak logo and navigation links: 'Canales', 'Aplicaciones', 'Apoyo', 'Uso comercial', 'Cómo comprar', and a 'WB' button. The channel information is displayed: 'ID de canal: 1224138', 'Autor: mwa000018632872', and 'Acceso: Privado'. Below this, there are tabs for 'Vista privada', 'Vista pública', 'Configuración de canal', 'Compartiendo', 'Claves API', and 'Importación / Exportación de datos'. The 'Claves API' tab is active, showing two sections: 'Escribir clave API' and 'Leer claves de API'. The 'Escribir clave API' section has a text input field containing 'E9J9773G2A5P957Y' and a button labeled 'Generar nueva clave de API de escritura'. The 'Leer claves de API' section has a text input field containing 'ISLK31BIMCYG1WJO'. To the right, there is an 'Ayuda' section with a title 'Configuración de claves API' and a list of instructions: 'Escribir clave de API', 'Leer claves de API', and 'Nota'.

Figura 31. ID de canal y clave suministrada pública y privada.

Con este procedimiento queda lista y creada la cuenta en ThingSpeak para posteriormente ser ingresada las variables en el gestor de adquisición de datos DAQ, para el caso del proyecto se implementa el lenguaje de programación de Arduino para mayor facilidad y uso.

5.4.3 Configuración del IDE Arduino para ThingSpeak

Después de la creación de la cuenta en ThingSpeak y la configuración de los archivos necesarios para el flasheo de la tarjeta wemos lolin32 ([Ver Figura 32](#)), se procede a abrir el IDE de Arduino se dirige a herramienta>gestor de librerías y se proceden agregar las librerías de los sensores a utilizar en el proyecto.

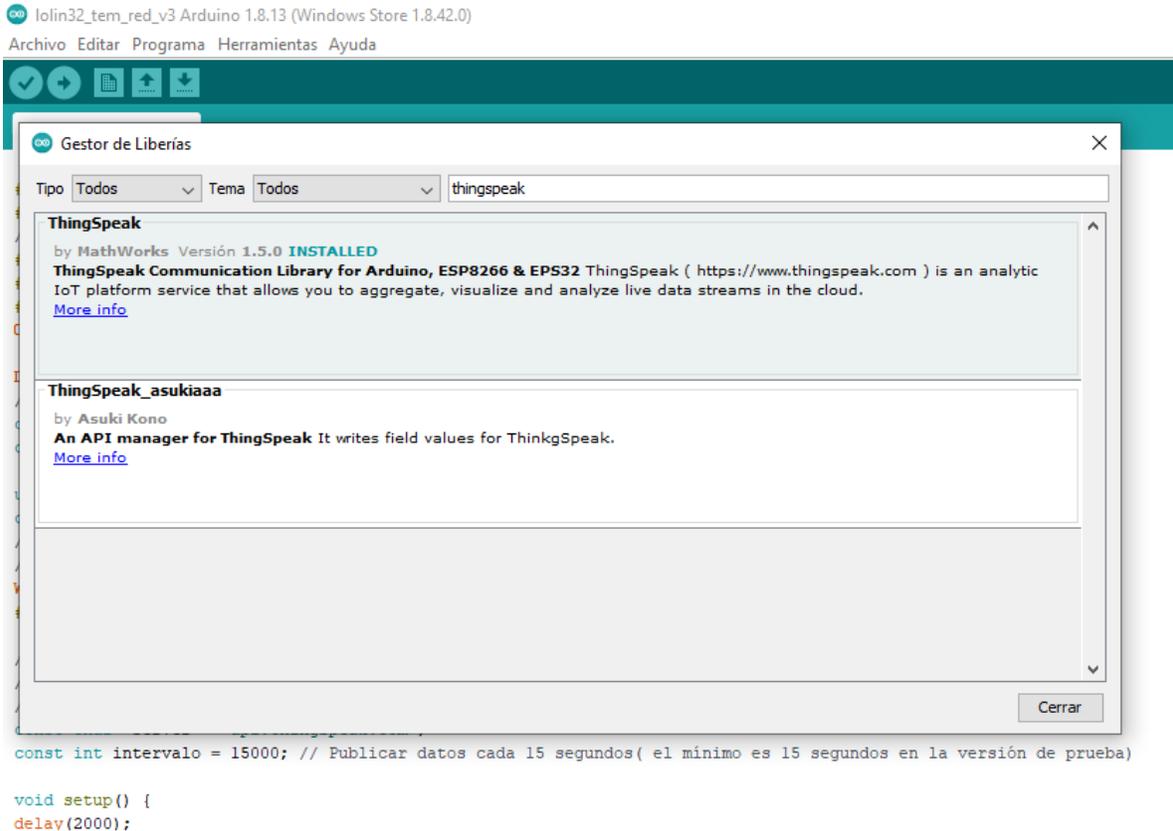


Figura 32. Instalación de librerías en el IDE de Arduino.

5.5 Sistema de adquisición de datos y conexión del circuito

En el siguiente diagrama de flujo ([Ver Figura 33](#)), se puede observar el llamado de las librerías de los sensores y la integración de la librería de WI-FI con la cual se podrá conectar a una red inalámbrica.

Después se observan los puertos donde se van a conectar los sensores y por último se crean variables donde se introduce el nombre de la red y la contraseña de esta. Los parámetros del servidor donde se enviarán los datos del sensor para posteriormente ser visualizados en esta sección de código se introduce el ID del canal y la contraseña generada por ThingSpeak al momento de crear la cuenta y el enlace de la página o servidor donde estarán alojados los datos otorgados por los sensores.

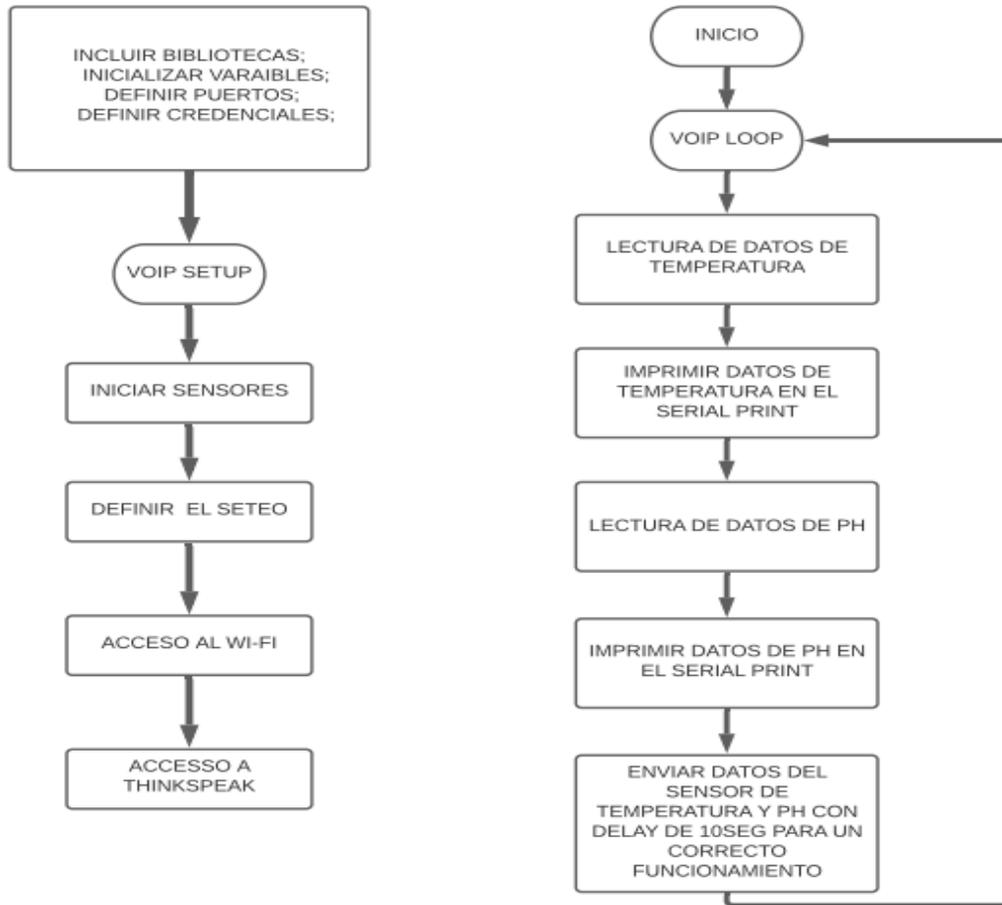


Figura 33. Diagrama de flujo del código.

En el siguiente apartado se muestra una sección donde se inicializa el sensor y posteriormente se muestra un mensaje de conexión al cual se le agrega un tiempo de conexión a la red y envío de datos ([Ver Figura 34](#)), se recomienda dejar mínimo 10 segundos de Delay este con el fin de poder conectarse a red y un envío de información correcta al servidor.

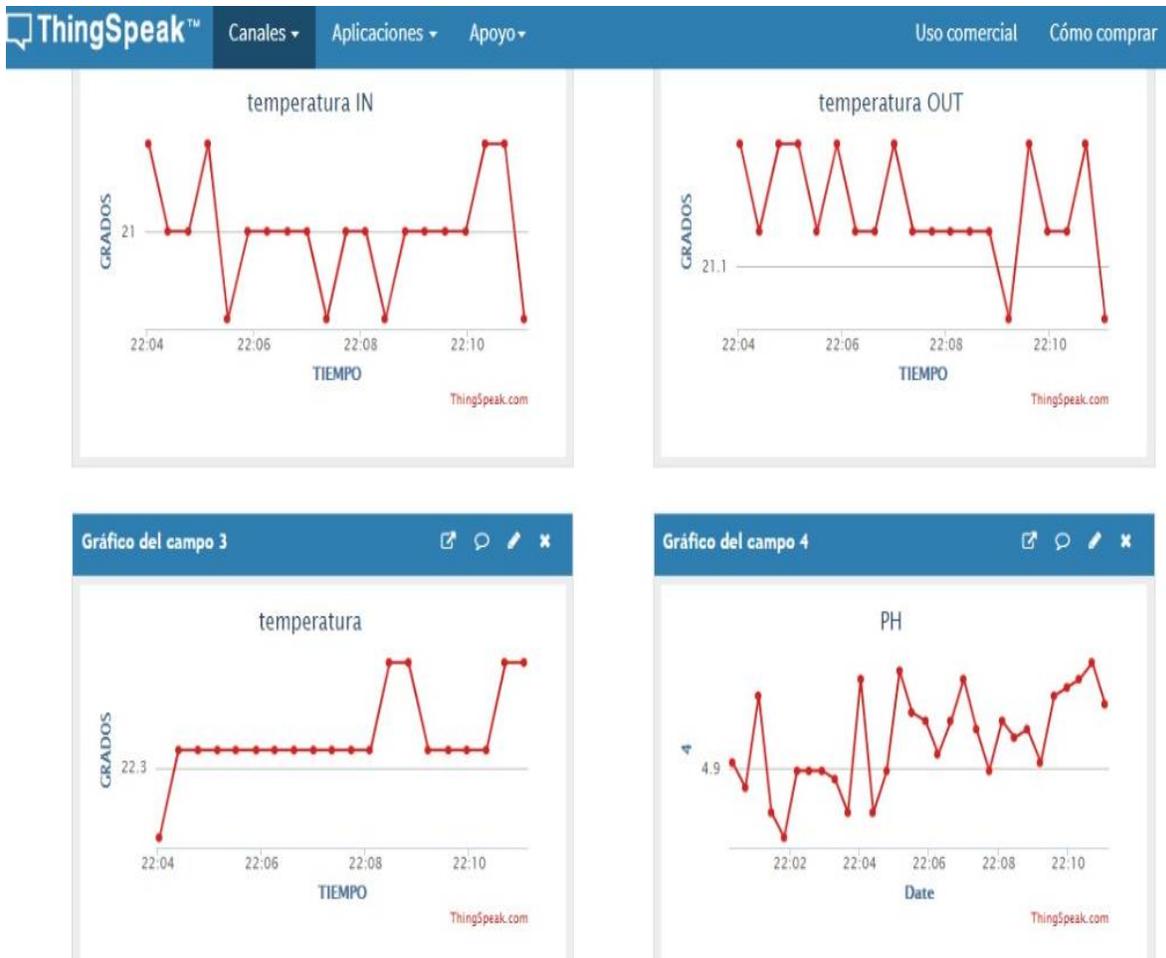


Figura 34. Visualización de los sensores en la plataforma de ThingSpeak.

Se observa los cambios emitidos por los sensores en tiempo real en la plataforma de ThingSpeak.

se muestra el sistema DAQ de temperatura y pH conectados a una tarjeta wemos Lolin esp32 ([Ver Figura 35](#)).

En el diseño esquemático se podrá observar de la siguiente manera con sus correspondientes pines de conexión en el sistema IoT ([Ver Figura 36](#)).

Con este diseño electrónico desarrollado se logró establecer un monitoreo de los datos de temperatura y pH en tiempo real permitiéndose visualizar en la interfaz gráfica de ThingSpeak los parámetros necesarios para que el usuario final logre determinar posibles correcciones oportunas en el sistema.

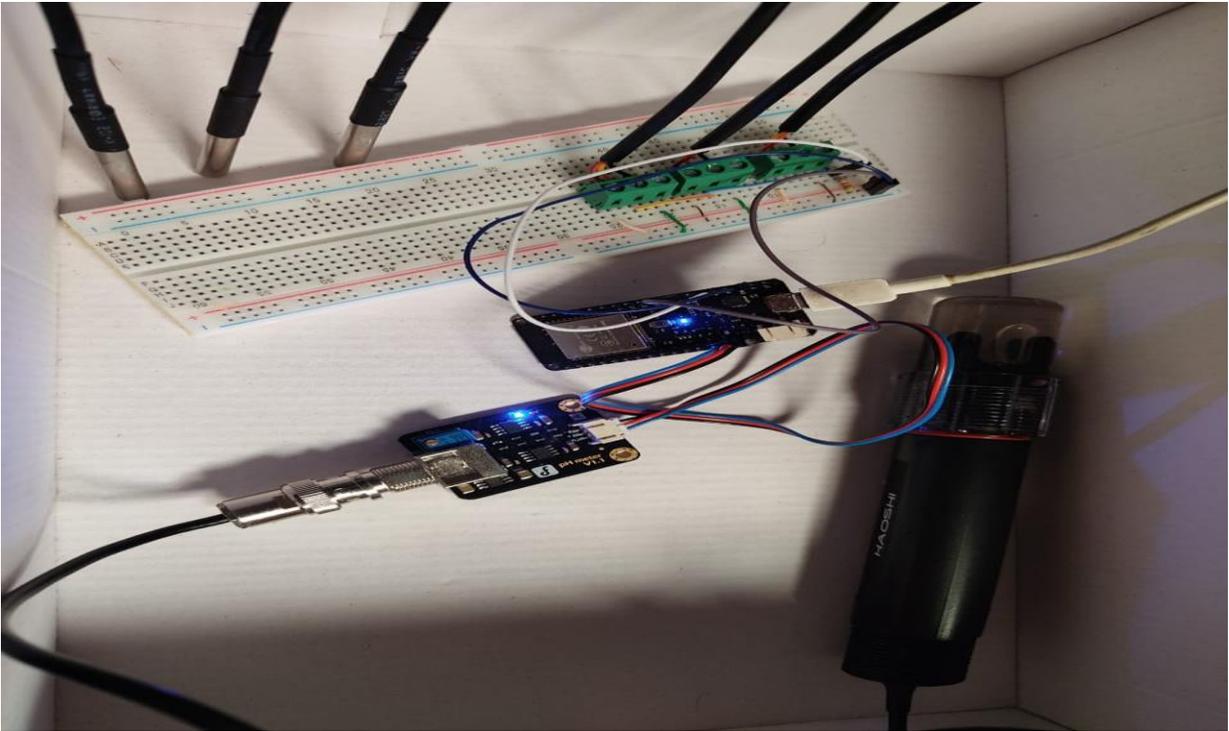


Figura 35. Sistema DAQ de temperatura y pH para un sistema acuapónico.

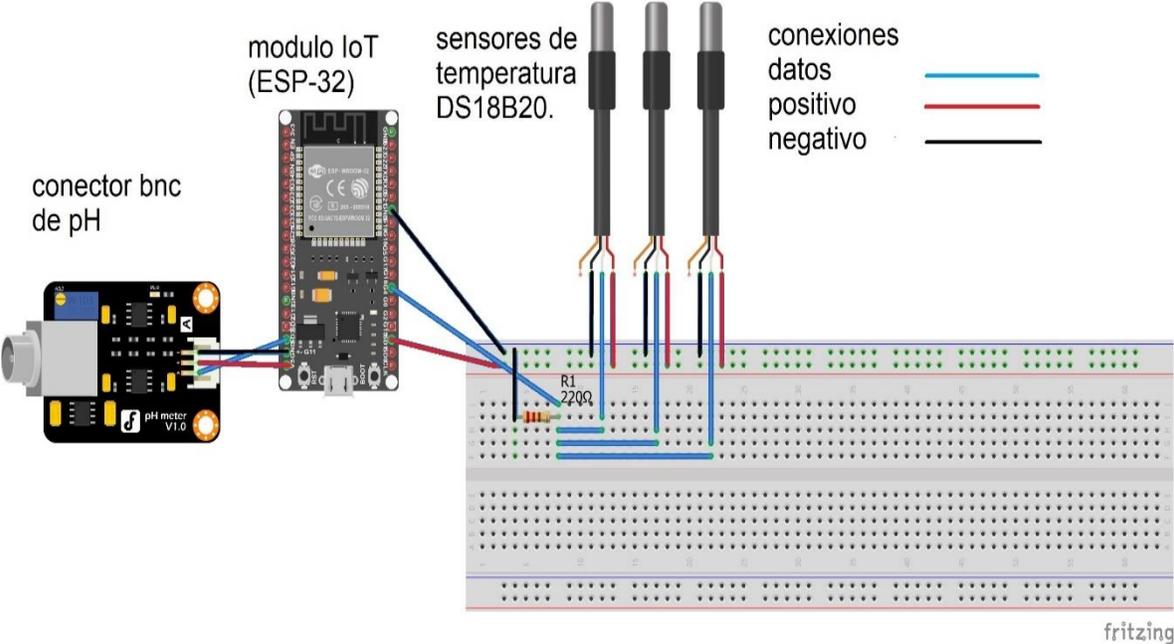


Figura 36 .Diagrama electrónico del sistema IoT acuapónico (temperatura y pH).

6. CAPÍTULO 6. MATERIALES Y PRESUPUESTO

Se implementarán diferentes tipos de dispositivos electrónicos como sensores de temperatura y PH entre otros como la tarjeta de adquisición de datos en este caso la Board nodemcu WIFI wemos lolin32 basado en esp32.

A continuación, se detallará algunos de los materiales a implementar en nuestro sistema electrónico ([Ver Tabla 14](#)).

- Tabla 14. Materiales y cotización diseño electrónico.

PRESUPUESTO COMPONENTES ELECTRÓNICOS/MATERIALES Y EQUIPOS				
Material	cantidad	Valor unitario	Valor total en pesos	Referencia
BOARD NODEMCU LOLIN32 WIFI BASADO EN ESP32	1	\$ 37.421	\$ 37.421	https://www.vistronica.com/board-de-desarrollo/board-nodemcu-wifi-wemos-lolin32-basado-en-esp32-detail.html
SENSOR DE TEMPERATURA A PRUEBA DE AGUA DS18B20	3	\$ 9.922	\$ 29.766	https://www.vistronica.com/sensores/temperatura/sensor-de-temperatura-a-prueba-de-agua-ds18b20-detail.html
SENSOR DE PH ANALÓGICO CON ELECTRODO INDUSTRIAL PARA ARDUINO	1	\$ 296.681	\$ 296.681	https://www.vistronica.com/sensores/sensor-de-ph-analogico-con-electrodo-industrial-para-arduino-detail.html
PROTOBOARD	1	\$ 10.379	\$ 10.379	https://www.vistronica.com/conectores-cables-y-switches/placas-universales/protoboard/protoboard-mb102-830-puntos-detail.html
Motor De Aire Ac9904 Para Acuarios Y Estanques Resun	1	\$ 143.900	\$ 143.900	https://www.aquavidacolombia.com/motores-de-aire/-339motor-de-aire-ac9904-6920042899483.html
Subtotal			\$ 520.000	

- **Materiales de construcción del calentador solar**

Para la construcción del calentador solar se empleará los siguientes materiales ([Ver Tabla 15](#)).

Tabla 15. Materiales y construcción colectora solar.

MATERIAL	UNIDAD/TAMAÑO/CAPACIDAD	PRECIO EN PESOS
Tanque de agua	200(litros)(de segunda mano)	\$50.000
Tee PVC ½"	38 unidades	\$30.400
Codos ½"	2 unidades	\$1.200
Llaves de paso	4 unidades	\$19.600
Manguera ½"	12 metros	\$24.000
Tubos PVC ½"	7 unidades (unidad de 6 metros)	\$115.000
Papel aluminio rolo	1 unidad de 16mtrs*30cm	\$106.900
Pegamento	1/8	\$39.900
Cinta teflón	3 unidad	\$12.000
Aerosol negro mate	2 unidad	\$20.000
Materiales no estimados	materiales extras no estimados en el proceso de armado	\$150.000
Mano de obra	Honorarios del ingeniero	1'200.000
Total		\$1'727.400

7. CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y RESULTADOS

Se realiza la investigación observando diferentes modelos de calentadores solares, los cuales se diferencian por su tipo de obtención de energía calórica ya que esta varía según el modelo, se determina que el diseño más viable para el proyecto es el modelo de colector solar de placa plana debido a su fácil implementación en el sistema acuapónico.

Existen diferentes simuladores (TRYNSS, TRANSOL, SIMUSOL, CHETQ4) para el dimensionamiento de colectores solares de placa plana, como el que se hace referencia en este documento, pero el método más pertinente y utilizado en casi todos los simuladores puestos a prueba es el modelo F-Chart, creado por Sandfor Klein en el año de 1976.

En Colombia, los mayores niveles de radiación para ser absorbidos por las placas se obtienen en porcentajes de inclinación no superiores a 20 grados debido a la ubicación en la zona ecuatorial.

Se determinó que en el proceso de construcción del colector solar se implementaría una captación de manera pasiva la cual no utiliza ningún dispositivo externo con el fin de lograr un ahorro energético, que de otra manera se necesita un equipo auxiliar el cual adiciona un consumo constante de energía eléctrica.

Al determinar el modelo matemático para la construcción del colector solar plano se debe tener en cuenta la ubicación de la zona, radiación solar, temperatura, capacidad de almacenamiento y consumo diario el cual determina el área de la placa plana, este con el fin de poder suministrar lo necesario diario al sistema acuapónico (ver página 31).

Se plantea una construcción del colector solar plano en materiales plásticos (PVC) y recubiertos con una capa de pintura (negro mate) con el fin de poder retener la radiación solar entrante, además de la integración de un cajón cubierto en papel aluminio y una cubierta transparente que permite el paso de la radiación solar y crea un efecto invernadero aumentando la temperatura del sistema.

Al integrar el diseño electrónico de adquisición de datos se determina optar por una que permita la visualización de información mediante los protocolos de comunicación WI-FI y un servidor gratuito ofrecido por ThingSpeak que permite observar en cualquier dispositivo conectado a la red los datos otorgados por los sensores.

A futuro se plantea la integración de avisos en el sistema, el cual incorpora envío de mensaje mediante Twitter cuando este llegue a valores mínimo alertando al usuario de un cambio brusco en el sistema.

En la integración de los sensores se tomaron en cuenta modelos resistentes a una exposición a la húmeda o agua, en el caso del sensor de temperatura se tomó uno con cubierta en acero inoxidable, para el sensor de pH se toma modelo de medición industrial que soporta una exposición continua al agua hasta de dos años.

Se adquirió información extra por parte de antiguos laboratorios realizados por los estudiantes de agronomía que establecían parámetros adecuados de crecimiento de las especies de plantas y peces a implementar en el sistema acuapónico diseñado.

7.1 Perspectivas de trabajo a futuro

Con relación al desarrollo del proyecto a futuro, se adicionan las siguientes recomendaciones a mejorar:

- Integración y creación de un servidor propio empleando otro modulo esp-32, permitiendo al usuario poder tener disponibilidad de los datos a petición y comodidad deseada.
- Integración de indicativos visuales leds con el fin de poder visualizar cambios en el sistema de temperatura y pH además de un buzzer que permitirá al usuario escuchar la notificación de un cambio en el sistema.
- Implementación de avisos de temperatura menor a lo requerido(20°C) por medio de mensaje de textos (Twitter, correo electrónico), el cual enviara información al usuario sobre los cambios a tener en cuenta en el sistema acuapónico.
- Desarrollar un sistema adicional que controlara la temperatura y pH del tanque de peces con tres electroválvulas, una se implementara en la mezcla del agua entre los tanques y las otras dos serán utilizadas como regulador del pH en el sistema acuapónico.

8. REFERENCIAS

- Alvarez Romero Angie Daniela, B. S. (2020). *sistema acuaponico con integracion mediante un proceso de obtencion de lixiviados*. fusagasuga.
- antepher. (17 de 10 de 2018). <https://techtutorialsx.com/>. Obtenido de <https://techtutorialsx.com/2018/10/16/esp32-arduino-getting-temperature-from-ds18b20-sensor/>
- Cruz, B. (2013). *gia.org*. Obtenido de <https://gia.org.br/portal/wp-content/uploads/2013/06/Manual-de-Aquaponia.pdf>
- Daniel Rodríguez Caicedo, D. R. (2009). Montaje y Evaluación Preliminar de un Sistema Acuapónico Goldfish-Lechuga. *unimilitar*.
- Fahad, S. (19 de 09 de 2019). <https://www.electronicclinic.com/>. Obtenido de <https://www.electronicclinic.com/esp32-arduino-ide-board-manager-installation-esp32-wroom/>
- Fuentes, O. C. (2016). *Sistemas solares de termosifon de uso domestico para producion de agua caliente sanitaria*. sevilla: universidad de sevilla.
- Hurtado, H. R. (2010). Montaje y Evaluación Preliminar de un Sistema Acuapónico Goldfish-Lechuga. *Revista Facultad*.
- INTAGRI. (2017). acuaponia oara la producion de plantas y peces. *tecnicas de intagri*.
- JUAN BURBANO, Á. H. (2006). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CALENTADOR SOLAR DE AGUA OPERANDO POR*. armenia: Scientia et Technical.
- juan garzon, j. r. (2015). *determinacion de la eficiencia termica instantanea y la temperatura de salida del colector solar PSHC-1C,del sistema de entrenamiento en energia solar terminca,ubicado en la fundacion universitaria los libertadores*. Bogota : los libertadores .
- La Acuaponía, u. e. (27 de noviembre de 2020). *Organización Internacional para las Migraciones*. Obtenido de <https://colombia.iom.int/news/la-acuapon%C3%ADa-una-estrategia-para-contribuir-la-seguridad-alimentaria-de-vichada-la-guajira>
- Monico, C. R. (2017). caletador solar de agua para usos domesticos con control de varailbe y funcionamiento con arduino . *ITCA EDITORES*, 38.
- Pérez, D. S. (18 de abril de 2013). *Análisis numérico de los fenómenos*. Cartagena: universidad polictenica de cartagena.
- Raffino, M. E. (30 de 06 de 2020). *transferencia-de-calor*. Obtenido de <https://concepto.de/transferencia-de-calor/>
- Ramilo, D., & Schonwald, J. (2013). *Paso a paso termotanque solar de agua : construcción de tecnologías apropiadas*. Buenos Aires: INTA Intituto Nacional de Tecnologia Agropecuaria;.
- RENOVABLES, E. (22 de noviembre de 2020). *ENERGÍAS RENOVABLES: TECNOLOGÍA, ECONOMÍA, EVOLUCIÓN E INTEGRACIÓN EN EL SISTEMA ELÉCTRICO*. Obtenido de

<http://www.energiaysociedad.es/manenergia/3-2-energias-renovables-tecnologia-economia-evolucion-e-integracion-en-el-sistema-electrico/>

santos, s. (s.f.). *Sensor de temperatura ESP32 DS18B20 con Arduino IDE (servidor web único, múltiple)*. Obtenido de <https://randomnerdtutorials.com/esp32-ds18b20-temperature-arduino-ide/>

Somerville C., C. M. (2014). *Small-scale aquaponic food production*. roma: fao.

TIEMPO, R. E. (2020). Alerta por riesgo de desnutrición crónica en Colombia. *El Tiempo*.

Vasquez Lopez, s. (2008). *upct*. Obtenido de <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/155/pfc2097.pdf?sequence=1>

Veronica, C. (2018). *unicen*. Obtenido de <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/1760/Cuti%C3%B1o%2C%20Ver%C3%B3nica%20Beatriz.PDF?sequence=1&isAllowed=y>

YAOGUANG WEI, W. L. (2019). Equipment and Intelligent Control System. *IEEE*, 1-2.