



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE GRADUACIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
EN TELEINFORMÁTICA**

**ÁREA  
TECNOLOGÍA DE ORDENADORES**

**TEMA  
“PROTOTIPO PARA MONITOREO DE LA CALIDAD DE  
AGUA DE RIEGO”**

**AUTOR  
POZO VÁSQUEZ JHON DANER**

**DIRECTOR DEL TRABAJO  
ING. VEINTIMILLA ANDRADE JAIRO GEOVANNY**

**GUAYAQUIL, NOVIEMBRE 2020**



**ANEXO XI.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO  
DE TITULACIÓN**



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Prototipo para Monitoreo de la Calidad de Agua de Riego		
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Pozo Vásquez Jhon Daner		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Ing. Trujillo Borja Ximena, Mg. / Ing. Veintimilla Andrade Jairo, MBA.		
INSTITUCIÓN:	Universidad de Guayaquil		
UNIDAD/FACULTAD:	Facultad ingeniería industrial		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:			
GRADO OBTENIDO:	Ingeniero en Teleinformática		
FECHA DE PUBLICACIÓN:		No. DE PÁGINAS:	86
ÁREAS TEMÁTICAS:	TECNOLOGÍA DE ORDENADORES		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Esp32, Sensor temperatura, Sensor de pH, Sensor Turbidez, prototipo, Calidad de agua.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT</b> (150-250 palabras): Este proyecto de titulación se enfoca en mejorar la productividad de pequeños agricultores de escaso recurso que no, tienen la posibilidad de adquirir un prototipo para monitorear la calidad del agua, ya que, su inversión es mayor al costo de productividad. De tal manera que se implementó un prototipo de bajo costo, para medir los niveles correctos del agua con sensores de temperatura, turbidez y sensor de pH, adaptado por el módulo Esp32 que es el encargado de procesar los resultados, enviar la información mediante protocolo MQTT (Internet de las cosas), hacia una interfaz que es fácil de visualizar los resultados de las muestras recogidas del sistema de riego, a su vez, también se usa protocolo HTPP, con tecnología de JavaScript, HTML y CSS se desarrolló una página para subir la información obtenido de los sensores de esta manera los pequeños agricultores tomaran la decisiones que realizar un tratamiento de calidad de agua.			
ADJUNTO PDF:	SI X	NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono:	E-mail:	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Ing. Ramón Maquilón Nicola, MG		
	Teléfono:593-2658128		
	E-mail:direccionTi@ug.edu.ec		



**ANEXO XII.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE  
AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA  
INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA OBRA  
CON FINES NO ACADÉMICOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

---

LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON  
FINES NO ACADÉMICOS

Yo, **POZO VÁSQUEZ JHON DANER**, con C.C. No. **0927266213**, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es “**PROTOTIPO PARA MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA DE RIEGO**” son de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN\*, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Pozo J", with a circular flourish around it.

---

Pozo Vásquez Jhon Daner  
C.C. No. 0927266213



## ANEXO VII.- CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

### FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA



Habiendo sido nombrado **ING. VEINTIMILLA ANDRADE JAIRO GEOVANNY**, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por **POZO VASQUEZ JHON DANER**, C.C.: **0927266213**, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de **INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA**.

Se informa que el trabajo de titulación: **“PROTOTIPO PARA MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA DE RIEGO”**, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa Antiplagio (URKUND) quedando el 4 % de coincidencia.

URKUND	
Documento	<a href="#">POZO_JHON_FINAL_URKUND2.docx</a> (D97735102)
Presentado	2021-03-09 08:28 (-05:00)
Presentado por	Jairo Veintimilla Andrade (jairo.veintimillaa@ug.edu.ec)
Recibido	jairo.veintimillaa.ug@analysis.orkund.com
Mensaje	<a href="#">Mostrar el mensaje completo</a>
	4% de estas 28 páginas, se componen de texto presente en 11 fuentes.

Lista de fuentes Bloques	
Categoría	Enlace/nombre de archivo
<input type="checkbox"/>	<a href="#">POZO_JHON_URKUND_1.docx</a>
<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="https://core.ac.uk/download/pdf/226165963.pdf">https://core.ac.uk/download/pdf/226165963.pdf</a>
<input type="checkbox"/>	Fuentes alternativas
<input type="checkbox"/>	Fuentes no usadas

Link: <https://secure.orkund.com/old/view/93268592-830043-772130#BcExDsIwAATBv7heIdt35zh8BVGgCFAK0qRE/J2Zb/mc5XpTQx0JGQUNtKCJVlxxwx0LGwcPvOCJV1JJi52ImIQMspCVURntTjn397G/9u1xbM9yrZeqTFUPpWe06d8f>



Firmado electrónicamente por:  
**JAIRO GEOVANNY  
VEINTIMILLA  
ANDRADE**

ING. JAIRO VEINTIMILLA ANDRADE, MG.  
C.C. 0922668025  
FECHA: 08 DE MARZO DE 2021



ANEXO VI.- CERTIFICADO DEL DOCENTE-TUTOR DEL  
TRABAJO DE TITULACIÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA

Guayaquil, 8 de marzo de 2021.

Sr (a).

**Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, MG.**

Director (a) de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE  
GUAYAQUIL**

Ciudad. - Guayaquil

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación “**PROTOTIPO PARA MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA DE RIEGO**” del estudiante **POZO VASQUEZ JHON DANER**, indicando que ha (cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que el (los) estudiante (s) está (n) apto (s) para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:

**JAIRO GEOVANNY  
VEINTIMILLA  
ANDRADE**

ING. JAIRO VEINTIMILLA ANDRADE, MG.

C.C. 0922668025

FECHA: 08 de marzo de 2021



**ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Guayaquil, 22 de Marzo de 2021

Sra.

**Ing. Annabelle Lizaraburu Mora, MG.**

Directora de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
 Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el informe correspondiente a la REVISIÓN FINAL del Trabajo de Titulación **PROTOTIPO PARA MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA DE RIEGO** del estudiante **POZO VASQUEZ JHON DANER**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de 10 palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.

La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo 20 años.

La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:



**XIMENA  
 FABIOLA  
 TRUJILLO  
 BORJA**

---

Ing. Ximena Trujillo Borja  
 DOCENTE TUTOR REVISOR  
 C.C: 0603375395

FECHA: 22 de Marzo del 2021

### **Dedicatoria**

Dedico el presente proyecto de titulación a una persona muy especial que durante todo este tiempo me ha aconsejado y se ha convertido en el motor de mi vida y mi luz, siendo el motivo principal para lograr cada uno de mis objetivos y metas, a esa gran persona, muchas gracias por estar junto a mí.

### **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por cada momento de la vida por brindarme fortaleza, salud, sabiduría y la gran bendición de tener una increíble familia.

A mis padres por el apoyo incondicional y cada uno de los consejos de vida para nunca decaer y mirar siempre hacia adelante frente a cualquier adversidad que se presente a lo largo del camino.

Mi tutor el Ing. Veintimilla Andrade Jairo y mi revisor el Ing. Trujillo Ximena por el apoyo y cada guía que se dio en el presente proyecto de titulación.

## Índice General

N.º	Descripción	Pág.
	Introducción	

1

### Capítulo I

#### El problema

N.º	Descripción	Pág.
1.1.	Descripción de la Problemática	2
1.2.	Formulación del Problema	3
1.3.	Sistematización del Problema	3
1.4.	Objetivos de la investigación	3
1.4.1.	Objetivo General	3
1.4.2.	Objetivos Específicos	3
1.5.	Justificación	3
1.6.	Alcance y Delimitación	5

### Capítulo II

#### Marco teórico

N.º	Descripción	Pág.
2.1.	Antecedentes de la Investigación	6
2.2.	El agua	7
2.2.1.	Propiedades del agua corporal	7
2.2.2.	Contaminación del agua	8
2.2.3.	Calidad de Agua	8
2.2.4.	Importancia de calidad de agua	8
2.2.5.	Indicadores químicos – físico y microbiológico	8
2.2.5.1.	PH (Concentraciones de Iones Hidrógenos)	9
2.2.5.2.	Potencial Hidrógeno (PH)	9
2.2.5.3.	Turbidez	9
2.2.5.4.	Oxígeno disuelto	9
2.2.5.5.	Conductividad	10
2.2.5.6.	Índice de calidad de agua	10
N.º	Descripción	Pág.
2.3.	Sistema de Riego	10

2.3.1.	Importancia Sistema de riego agricultor	10
2.3.2.	Riego por goteo	11
2.3.3.	Riego por aspersión	12
2.3.4.	Riego hidropónico	13
2.3.5.	Riego por microaspersión	13
2.3.6.	Riego por nebulización	14
2.3.7.	Agricultor	14
2.3.7.1.	La actividad Agricultora y su influencia en calidad de agua	14
2.3.7.2.	Agricultura del riego	14
2.3.7.3.	Inclusión del riego	15
2.3.7.4.	Horticultura	15
2.3.8.	Sistemas IOT y la Tecnología para un Monitoreo	16
2.3.8.1.	Internet de las cosas IOT	16
2.3.8.2.	Tipos de dispositivos y la relación con objetos	17
2.3.8.3.	Sistemas embebidos	18
2.3.8.4.	Arduino	18
2.3.8.5.	Raspberry Pi	19
2.3.8.6.	ESP32	19
2.3.9.	Herramienta de Software	20
2.3.9.1.	Plataforma Cayenne MyDevices	20
2.3.9.2.	Software Arduino IDE	21
2.3.9.3.	Node Red	21
2.3.10.	Ubidots	22
2.3.11.	Sensores	22
2.3.11.1.	Sensor de Oxígeno disuelto	23
2.3.11.2.	Sensor de pH	23
2.3.11.3.	Sensor de conductividad Eléctrica	24
2.3.11.4.	Sensor de Temperatura	25
2.3.11.5.	Microcontroladores	25
<b>N.º</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
2.3.12.	Redes de Monitoreo	25
2.3.12.1.	Descripción de una red de monitoreo en el riego	25
2.3.12.2.	Establecer criterios de redes monitoreo	26
2.3.12.3.	Uso del agua	26

2.3.12.4.	Calidad del agua	26
2.3.13.	Definición de parámetros fisicoquímicos para el monitoreo de la calidad del agua mediante dispositivos IOT	27
2.3.14.	Definición de los parámetros a medir	28
2.3.15.	Marco Legal	28

### Capítulo III

#### Metodología y Propuesta

<b>N.º</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
3.1.	Tipo de Investigación	31
3.1.1.	Bibliográfica	31
3.1.2.	Descriptiva	31
3.1.3.	Experimental	32
3.2.	Técnicas de Investigación	32
3.2.1.	Entrevista	32
3.2.1.1.	Instrumento para la recolección de datos	32
3.2.1.2.	Población Y Muestra	33
3.2.1.3.	Cuestionario para la entrevista	33
3.2.1.4.	Resultados de la Entrevista	33
3.2.2.	Método de Campo	36
3.2.3.	Descripción de la zona de estudio	37
3.2.3.1.	Ubicación Geográfica	37
3.2.3.2.	Método de Recolección de Agua o Riego	37
3.3.	Desarrollo de la Propuesta	38
3.3.1.	Análisis de los Requerimientos	38
3.3.1.1.	Evaluación de la Tarjeta Microcontroladora	38
3.3.1.2.	Evaluación del sensor de pH	39
<b>N.º</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
3.3.1.3.	Evaluación del sensor de Temperatura	40
3.3.1.4.	Evaluación del Sensor de Turbidez	40
3.3.1.5.	Análisis y Evaluación de la Plataforma IoT	41
3.3.2.	Diseño y Modelado	42
3.3.2.1.	Módulo Configuración	43
3.3.2.2.	Módulo Sensor	44

3.3.2.2.1.	Calibración del sensor PH-4502C	45
3.3.2.3.	Módulo Administrador	46
3.3.2.4.	Módulo Publicador	47
3.3.3.	Construcción	49
3.3.3.1.	Esquemático del proyecto	49
3.3.3.2.	Código	49
3.3.3.3.	Montaje de los componentes	50
3.3.4.	Pruebas e Implementación del Prototipo	51
3.3.4.1.	Verificación del Funcionamiento del Sensor de pH	51
3.3.4.2.	Implementación del Prototipo	52
3.4.	Escenario real integrado del uso del dispositivo	55
3.5.	Conclusiones	56
3.6.	Recomendaciones	57
	Anexos	59
	Bibliografía	68

## Índice de Tablas

<b>N.º</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
<b>1.</b>	Comparación de tarjetas desarrolladoras	39
<b>2.</b>	Comparación de plataformas IoT	42
<b>3.</b>	Características técnicas de los sensores utilizados	44

## Índice de figuras

N.º	Descripción	Pág.
1.	Riego por Goteo	12
2.	Riego por Aspersión	12
3.	Riego Hidropónico	13
4.	Riego microaspersión	13
5.	Riego por Nebulización	14
6.	Flor de Pepino	16
7.	Fruto de Pepino	16
8.	Módulo de Conectividad IoT	17
9.	Redes de Comunicación IoT	17
10.	Arduino Open Source	19
11.	Raspberry Pi	19
12.	Esp32 Microcontrolador	20
13.	<i>Cayenne MyDevice</i>	21
14.	Arduino Ide	21
15.	Programación en bloque en Node-Red	22
16.	Ejemplo de Dashboard en Ubidots	22
17.	Estructura de un Sensor de Oxígeno	23
18.	Partes de un Sensor de pH	24
19.	Sensor de Conductividad Eléctrica	24
20.	Sensor de Temperatura	25
21.	Evidencia de la entrevista realizada	36
22.	Condiciones del Río Ancón	36
23.	Ubicación del sistema de riego Comuna Ancón	37
24.	Modelo en Cascada del Proyecto	38
25.	Sensor de PH-4502C	40
26.	Sensor de Temperatura DS18B20	40
27.	Sensor de Turbidez YXB264	41
28.	Módulos empleados para el desarrollo del prototipo.	43
29.	Portal cautivo e indicadores leds del módulo de configuración.	44
N.º	Descripción	Pág.
30.	Componentes del sensor de pH-4502C	45

<b>31.</b>	Calibración del Sensor de pH-4502C	46
<b>32.</b>	Módulo Administrador utilizado en el proyecto	47
<b>33.</b>	Versión móvil y de escritorio del servidor local	48
<b>34.</b>	Visualización de los datos en la plataforma de Ubidots	48
<b>35.</b>	Esquemático del proyecto en Fritzing	49
<b>36.</b>	Código utilizado para la configuración, procesamiento y lecturas de los sensores	50
<b>37.</b>	Montaje de los componentes en su caja de proyectos	51
<b>38.</b>	Base de valores de pH para las pruebas del sensor	51
<b>39.</b>	Líquidos de pruebas para el medidor de pH	52
<b>40.</b>	Mediciones de líquidos para comprobar el sensor de pH	52
<b>41.</b>	Bomba usada por los agricultores para proveerse de agua	53
<b>42.</b>	Frasco de vidrio lleno de agua del río con los sensores	53
<b>43.</b>	Medida del sensor de pH del agua del río	54
<b>44.</b>	Medición de la Temperatura y Turbidez del agua del río	54
<b>45.</b>	Esquemático real en la implementación del dispositivo	55



## ANEXO XIII .- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (ESPAÑOL)



### FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA

---

“PROTOTIPO PARA MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA DE RIEGO”

**Autor:** Pozo Vásquez Jhon Daner

**Tutor:** Veintimilla Andrade Jairo Geovanny, Mg.

#### Resumen

Este proyecto de titulación se enfoca en mejorar la productividad de pequeños agricultores de escaso recurso que no tienen la posibilidad de adquirir un prototipo para monitorear la calidad del agua, ya que, su inversión es mayor al costo de productividad. De tal manera que se implementó un prototipo de bajo costo, para medir los niveles correctos del agua con sensores de temperatura, turbidez y sensor de pH, adaptado por el módulo Esp32 que es el encargado de procesar los resultados, enviar la información mediante protocolo MQTT (Internet de las cosas), hacia una interfaz que es fácil de visualizar los resultados de las muestras recogidas del sistema de riego, a su vez, también se usa protocolo HTPP, con tecnología de JavaScript, HTML y CSS se desarrolló una página para subir la información obtenido de los sensores de esta manera los pequeños agricultores tomaran la decisiones que realizar un tratamiento de calidad de agua.

**Palabras claves:** Esp32, Sensor temperatura, Sensor de pH, Sensor Turbidez, Prototipo, Calidad de agua.



## ANEXO XIV .- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (INGLÉS)



### FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA

---

“PROTOTYPE FOR IRRIGATION WATER QUALITY MONITORING”

**Author:** Pozo Vásquez Jhon Daner

**Advisor:** Veintimilla Andrade Jairo Geovanny, Mg.

#### Abstract

This titling project focuses on improving the productivity of small, low-resource farmers who do not have the possibility of acquiring a prototype to monitor water quality, since their investment is greater than the cost of productivity. Therefore a low-cost prototype was implemented, to measure the correct levels of the water with temperature sensors, turbidity and pH sensor, adapted by the Esp32 module that is in charge of processing the results, sending the information through the MQTT protocol (Internet of things), towards an interface in which is easy to view the results of the samples collected from the irrigation system, HTTP protocol is also used; a page was developed to upload the information obtained from the sensors with JavaScript, HTML and CSS technology, in this way the small farmers will make the decisions to carry out a water quality treatment.

**Keywords:** Esp32, Temperature Sensor, PH Sensor, Turbidity Sensor, Prototype, Water Quality.

## **Introducción**

El agua es primordial para el desarrollo de fármacos, también para el proceso de producción en las industrias, la importancia para la existencia del ciclo de vida, para los animales, el ser humano y las plantas. En la actividad de la agricultura el agua es de consumo masivo por la alta demanda de producción de cada agricultor, donde realizan sus actividades, para poder mejorar la calidad de vida.

El agricultor al momento de tomar la decisión de instalar un sistema de riego verifica todas las condiciones favorables o perjudiciales en el terreno que se va a cultivar, ya que, son pequeños agricultores y al no tener una base económica para instalar otros tipos de sistemas, del cual, se necesita más inversión reducen notoriamente el consumo del agua sin desperdiciar, sin embargo, desconocen que las agua superficiales y residuales tienen consecuencias no favorables para su producción. Así mismo, para realizar sus cultivos primero verifican si el producto va a tener gran impacto en el mercado, se estima que los frutos estén en calidad favorables, pero si los resultados son negativos se tomara decisión de gestionar la calidad del agua.

Los cultivos tienen diferentes requerimientos de calidad de agua, el clima y el tipo de suelo, por lo general las plantaciones que, realiza el agricultor en el sector, son de ciclo corto y poca agua. Sin embargo, no realizan un monitoreo del agua por el desconocimiento de equipos tecnológicos y por el valor elevado para adquirir.

En el presente trabajo de investigación se realizó la creación de un prototipo de bajo costo para determinar la calidad del agua, en agua superficiales, realizar un monitoreo como el pH, temperatura y turbidez, convirtiéndose en los elementos indispensables y necesarios, con los resultados obtenidos por los sensores antes mencionados, así, tomar medidas preventivas y definir acciones para mejorar la productividad.

El agricultor podrá visualizar los resultados en tiempo real, usando tecnologías IoT que permite una lectura fácil de entender y la capacidad de descargar la información si lo requiere; para el desarrollo se usó, un módulo Esp32, el cual, realiza la lectura, el proceso y el envío de los datos de los sensores mediante un protocolo de comunicación. Este protocolo dependerá si el usuario tiene o no una conexión a internet, enviando los datos por medio del protocolo MQTT si la dispone, así mismo, si el usuario no lo dispone o tiene problemas de conectividad con el internet, enviará los datos por medio del protocolo HTTP a una página web en un servidor local construido con tecnología HTML, CSS Y JavaScript, en donde, el agricultor podrá visualizar los resultados y de esta manera se obtendrá conclusiones del agricultor y recomendaciones para el uso del prototipo.

# Capítulo I

## El problema

### 1.1. Descripción de la Problemática

El medio ambiente brinda limitados recursos naturales, el agua es un elemento natural para el progreso de la vida, fundamental para el ser humano. Es un medio que nos brinda un desarrollo para realizar varias actividades principalmente en lugares urbanos donde el agua potable es un recurso con alta demanda de consumo, en la actualidad muchos consumidores no consideran como un uso racional y en ocasiones la desaprovechan.

El uso de aguas residuales en riego presenta ventajas comparativas frente a las aguas tradicionales. Algunas de ellas son la disponibilidad en cualquier época del año, bajo o nulo costo y aporte de nutrientes. Sin embargo, existen desventajas como el potencial riesgo de salinización y degradación de los suelos, además de problemas que se pueden ver reflejados en la contaminación de alimentos o riesgos de salubridad por la presencia de agentes patógenos en la población que interactúa de forma directa o indirecta con el entorno en mención (Rolín, 2002)

En el área donde realizan la agricultura y el uso del sistema de regadío es importante para los cultivos en la localidad de Ancón de la provincia Santa Elena, pequeños agricultores tienen sus plantaciones de pepino, tomate, zapallo, melón, entre otros. De tal manera que operan de manera manual al momento de aplicar un fertilizante, control de plagas o abono de crecimiento en la plantación y la situación no se mejora con la temporada de sequías.

Existen sistemas para automatizar que se encuentran en los mercados por muchas empresas, pero estos equipos son sumamente que elevados para poder adquirir un equipo y por tanto es inalcanzable para los pequeños agricultores de la parroquia Ancón.

El riego se usa bastante en cantidad y a su vez a la calidad del agua a utilizar. En la actualidad debido al uso extenuante en el área agrícola y así evitar problemas con el rendimiento de los cultivos.

El factor principal de los pequeños agricultores es el control de los parámetros del clima y los indicadores de la calidad del agua es un proceso clave como una medida directa o indirecta de la calidad ambiental, y para obtener el beneficio es necesario verificar si está en condiciones estable los niveles del agua para poder proporcionar agua en la cantidad justa en el momento apropiado, así mismo, los fertilizantes se aplican cantidades exactas para fortalecer crecimiento de los cultivos para un desarrollo sustentable de esta manera las plantaciones, su producción sería abundante. Como se manifestó en la actualidad de la

parroquia Ancón los agricultores operan de manera manual el sistema de riego de tal manera que no es eficiente, provocando un riesgo al inundar los cultivos, aumentando el riesgo de expansión de plagas por la humedad perjudicando las plantaciones.

## **1.2. Formulación del Problema**

¿Es factible realizar un prototipo que permita monitorear los niveles correctos de calidad de agua, usando tecnología?

## **1.3. Sistematización del Problema**

¿Cuáles son los accesorios correctos para realizar el prototipo?

¿Como se puede realizar el monitoreo en el campo real de la calidad del agua, para consolidar los niveles de pH, temperatura, Turbidez, Oxígeno Disuelto, y de otros parámetros químicos del agua para concluir si está calificada para el uso en la agricultura, animal o consumo humano?

¿Qué problemas se puede presentar al momento de realizar el monitoreo constante?

¿Cuál es la demostración de la forma correcto de usar el prototipo?

## **1.4. Objetivos de la investigación**

### **1.4.1. Objetivo General**

Desarrollar un prototipo para monitorear la calidad del agua residuales agrícolas de una localidad urbana de la provincia santa elena – Ancón

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

Examinar los parámetros de análisis físico, químico de aguas residuales agrícolas en campo con el propósito de aumentar la calidad alimentaria de los cultivos.

Diseñar el sistema de monitoreo tomando en cuenta los costos de sensores que estén disponibles en el mercado para medición de los parámetros de calidad de agua.

Implementar el prototipo del sistema de monitoreo en condiciones reales de campo, obteniendo resultado del envío a una interfaz web con el reporte del análisis.

## **1.5. Justificación**

Un sistema de riego tiene que ser eficiente ya que es fundamental en el trabajo de todo cultivo agrícola, si en el lugar el abastecimiento de agua no es el adecuado no podrán crecer, tal vez tenga un desarrollo lento o no brindara el rendimiento económico anhelado por los pequeños agricultores.

El propósito de usar un prototipo donde nos permita determinar la calidad del agua y obtener resultados verídicos si es confiable para el consumo para las personas. Para la

implementación se requiere tener las bases del conocimiento de los equipos, uso de los sensores, el sistema de comunicación y de sistema digitales para que funcione de la manera correcta y eficiente.

El prototipo permitirá determinar la calidad del agua obteniendo resultado si es óptimo para el consumo humano y a su vez, implementar entre uno de los beneficios de este proyecto puede ser para los comuneros agricultores en el sector vía Ancón, el cual podrán llevar un monitoreo obteniendo datos basados en estadísticas con el beneficio para los agricultores y poder tener un alto estándar es su desarrollo productivo agrícola.

De igual modo al hacer uso del sistema de monitoreo se logra conseguir con exactitud resultados verídicos, para así tomar medidas preventivas

Aplicando usar la tecnología en la agricultura y el cultivo es elemental tener los conocimientos de métodos agrícolas que se va a emplear. En el método de cultivo se debe tener muchos parámetros que se debe tomar en cuenta e investigar para mejorar la forma tradicional, haciendo que el proceso sea más sostenible y efectivo.

De tal manera es indispensable realizar estudio en proceso de calidad del agua, tener conocimientos y fundamentos técnicos del riego y la necesita de cuidar por la plaga, los fertilizantes en el cultivo del pepino.

El peligro de que ciertos elementos solubles se incorporen al agua, y aún más peligroso, si estos elementos están en contacto directo con estas fuentes de agua, provocarán enfermedades en la salud pública. Las implicaciones de consumir agua contaminada son muchas: En el contexto de la salud pública se establece que aproximadamente un 80% de todas las enfermedades y más de una tercera parte de las defunciones en los países en vías de desarrollo tienen principal causa la ingestión del agua contaminada. Se estima que el 70% de la población que vive en áreas rurales de países en desarrollo, está principalmente relacionada con la contaminación de agua por heces fecales (OPS, 1993)

Los cambios en el uso de la tierra sobre la calidad del agua han sido ampliamente comprobados. Éstos provocan alteraciones en los regímenes hídricos, cambios dramáticos de la calidad y cantidad del agua, especialmente al uso potable. Las prácticas de manejo en el uso de la tierra tienen una influencia muy fuerte en la calidad y cantidad del agua (Mitchell, Stapp, & Bixby, 1991)

En la actualidad las zonas irrigadas del Ecuador presentan problemas ambientales, técnicos, económicos y sociales como erosión del suelo, modificación del flujo hídrico, alteración de la calidad y cantidad del agua, alteración de la cobertura vegetal, problemas de salud, asentamientos humanos no planificados, falta de créditos para el desarrollo agrícola,

baja gestión organizacional, deterioro de la infraestructura de riego y la inadecuada operación y mantenimiento de los sistemas, reflejada en la baja producción y productividad (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura., 2011).

### **1.6. Alcance y Delimitación**

El planteamiento de este proyecto de tesis es desarrollar un prototipo de control de calidad de agua, de tal manera que permita mostrar la información monitoreada en una aplicación web, y ayude a la toma de decisiones favorables para los agricultores y mejore la productividad de sus cosechas del pepino.

Tomar en cuenta que el prototipo electrónico que se va a realizar está enfocado en la temperatura, los niveles de pH y la turbidez del agua. Su estructura consta con sensores para realizar las lecturas del estado de los parámetros.

## **Capítulo II**

### **Marco Teórico**

#### **1.7. Antecedentes de la Investigación**

De acuerdo con la Organización de la salud plantea un papel importante en reutilizar las aguas residuales ejecuta en la administración de recurso Hídricos como un sustituto del agua natural ejerciendo en jardinería y riego agrícola. Como consecuencia, los recursos hídricos quedan liberados para otros usos donde se requiere una mejor y mayor actividad. Cuando la idea de minimización de impacto ambiental de la actividad humana, las aguas regeneradas pueden ser utilizadas como para poder evitar la intrusión de los agricultores costeros o como instrumento para la restauración ambiental de diferentes ecosistemas.

El uso de las aguas residuales en riego es tan antiguo como la misma agricultura. Sin embargo, su aprovechamiento a gran escala data del siglo pasado, cuando en algunos lugares de Europa, Australia, India y Estados Unidos se crearon los llamados “campos de aplicación”. El objetivo era eliminar las aguas residuales, y así evitar la contaminación de los ríos. En Sri Lanka, por ejemplo, las aguas residuales se usan para los cultivos periurbanos porque los canales pasan por la ciudad o porque se originan en ellos (Jayakody, 2007)

Según Rojas, el agua puede ser apreciada como un recurso renovable o reemplazable cuando se lleva un control de manera cuidadosa para su uso, tratamiento, liberación y circulación, por lo consiguiente si no se lleva a cabo lo dicho anteriormente se la considera como un recurso no renovable o reemplazable en una localidad establecida (Rojas Flores, 2015)

La gran mayoría de las investigaciones realizadas sobre los niveles del PH, Temperatura y oxígeno en el lugar de estudio, también podrá enfocar en los suelos y su salinización.

Espinosa y Rendón (2012) desarrollaron e implementaron una red inalámbrica ZigBee para el monitoreo de parámetros en un sistema de acuicultura con recirculación. Se incluyeron en la configuración de la medición de variables la 17 temperatura, oxígeno disuelto, presión de agua y aire, así como sensores de corriente eléctrica. Se desarrollaron y probaron módulos para lectura y transmisión de los valores de los sensores a través de una red inalámbrica ZigBee. Se creó un programa de monitoreo con el fin de visualizar y almacenar los valores de los sensores y comparar con límites de referencia.

Liu y Cheng (2012), presentaron una red inalámbrica basada en ZigBee para la acuicultura. El entorno de monitoreo de esta red inalámbrica tiene la característica de puntos de medición múltiples y condiciones de medición complejos. Este sistema alcanza los

objetivos de recolectar, transmitir y mostrar Multiparámetros tales como oxígeno disuelto, temperatura, PH, etc.

Por su parte Wang, Ma and Yang (2011), desarrollaron un sistema de monitoreo para calidad del agua en una granja acuícola. Los datos de los sensores 18 fueron recolectados y transmitidos a través de ZigBee y GPRS. Las lecturas de los sensores fueron desplegadas online y en situ. El proceso de datos fue implementado usando el software LabView.

Haijiang and Daokun, (2012), desarrollaron un sistema de medición distribuido basado en una red de sensores inteligentes para medir parámetros en la acuicultura. El sistema está conformado por cuatro componentes: nodo de colección de datos, nodo de ruteo, centro de monitoreo in situ y centro de monitoreo remoto.

## **1.8. El agua**

El agua es una sustancia que está compuesta por dos átomos de hidrogeno y un átomo de oxígeno (H<sub>2</sub>O) se halla en estado líquido, gaseoso, solido. estas propiedades físicas como químicas son de alto grado de importancia para la supervivencia del ecosistema donde habitamos los seres humanos, animales, plantas entre otros.

Este recurso es esencial, cuando el agua cae a la superficie de la tierra en forma de lluvia de tal manera puede tener diferentes destinos, creando ríos, lagos y lagunas de esta manera el agua pasa por los caminos de quebradas o declives, siguiendo la trayectoria de los suelos. Esta manera el agua se alza a la atmosfera, es decir por la transpiración de la misma planta y las vegetaciones que se encuentran en los bosques, la evaporación del agua en la superficie del suelo y de los ríos. El agua también se infiltra en el interior del suelo.

Los recursos hídricos se encuentran en peligro, lo más importante y estratégicos están sometidos a un alto grado de vulnerabilidad, por negligencia, falta de conciencia y desconocimiento de la población acerca de la obligación de protegerlos y la carencia de autoridades, profesionales y técnicos, a los que les corresponde cuidarlos y utilizarlos (Reynolds, 2002).

### **1.8.1. Propiedades del agua corporal**

Por los estudios del agua el punto de congelación es de 0 C y el punto de ebullición de 100 C. la densidad máxima a una temperatura de 4 C tiende a congelarse.

Entre otras propiedades relevante el agua es un agente ionizante más conocidos. Quiere decir que toda sustancia es solubles, conocido como un disolvente universal. Además, el agua se combina con sales para formar hidratos, tienen reacciones con los óxidos de metales

formando ácidos y actúa como un reductor o aumenta la velocidad en muchas reacciones químicas.

### **1.8.2. Contaminación del agua**

Se considera que el agua pura es un recurso renovable y por ende se puede restaurar por procesos naturales a una velocidad superior a la del consumo por los seres vivos, a pesar de ello, el agua que se procede de los ríos, lagos y quebrados, se puede decir, que es objeto de una severa contaminación especialmente por actividades humanas lo que dificulta su restauración. Entre las principales sustancias que contaminan el agua se encuentran (Heising, 2009)

### **1.8.3. Calidad de Agua**

La evaluación de la calidad del agua es un proceso de enfoque múltiple que estudia la naturaleza física, química y biológica del agua con relación a la calidad natural, efectos humanos y acuáticos relacionados con la salud (Allen RG, 2006)

El análisis de cualquier agua revela la presencia de gases, elementos minerales, elementos orgánicos en solución o suspensión y microorganismos patógenos. Los primeros tienen origen natural, los segundos son procedentes de las actividades de producción y consumo humano que originan una serie de desechos que son vertidos a las aguas para su eliminación (Sáenz, 1995)

### **1.8.4. Importancia de calidad de agua**

Cada vez la disponibilidad de agua para consumo humano es menor, debido al crecimiento poblacional, incremento en el consumo, la contaminación de las fuentes de agua en general y al manejo inadecuado de las cuencas hidrográficas (Randulovich, 1997)

Aunque el recurso hídrico sea constante, la calidad de la misma va disminuyendo rápidamente, como consecuencia de la contaminación de las fuentes de agua, lo cual genera el estrés hídrico. En la región Centroamericana, la magnitud del problema de la contaminación es alarmante ya que a estas alturas es imposible solucionar el problema mediante la dilución por efecto del aumento del caudal (Ongley, 1997).

### **1.8.5. Indicadores químicos – físico y microbiológico**

De forma que un indicador debe cumplir con el rango normal entre los parámetros de calidad del agua, dependerá según la origen biológicas, químicas y físicas por causa, principalmente en antropocéntricos para el uso de la tierra. Entre estos se manifiesta el pH,

turbidez, oxígeno disuelto, nitrato fosfato, solidas temperaturas, solidos totales y bioquímica.

#### ***1.8.5.1. PH (Concentraciones de Iones Hidrógenos)***

Es la concentración de iones hidrógenos, así mismo actuará como un ácido débil o tendrá un diferente comportamiento como una solución alcalina de cualquier tipo de sustancia.

De tal manera si el pH en el riego es demasiado alto (<6.5) provoca que el cultivo no pueda absorber los nutrientes porque se insolubilizan y quedan retenidos en la superficie del suelo, por otro lado, si el pH es demasiado bajo (es considerado muy acida) generando problemas al cultivo dañando las raíces por la acidez, toxicidad causando que la planta absorbe los nutrientes.

Es recomendable para el riego de la cosecha, dependiendo del tipo de planta que se va a cultivar, el rango anhelado debe ser entre los 5,5 a 6,5. Es importante controlar y vigilar los niveles del pH del agua por su influencia y el rendimiento que tienen los cultivos.

#### ***1.8.5.2. Potencial Hidrógeno (PH)***

La medida directa debe estar la acidez de (1 a 7) o de la alcalinidad (7 a 14) del agua del riego. En teoría química es decir que, las concentraciones de iones H<sup>+</sup> presentes en el agua. El pH precisa la solubilidad de las sales del agua en el riego

#### ***1.8.5.3. Turbidez***

El objetivo es medir el paso de la luz a través del nivel de profundidad del agua de tal manera que, a mayor profundidad de la luz, se considera en menos cantidad de solidos o partículas en suspensión en la columna y viceversa.

Sus causas se pueden presentar por partículas suspendidas, como también gases disueltos, como líquidos y sólidos.

La turbiedad es de importante consideración en las aguas abastecimiento público por tres razones, la estética, fiabilidad y la desinfección.

#### ***1.8.5.4. Oxígeno disuelto***

Las condiciones del agua deben ser a temperatura normal, por ejemplo, si, el agua esta a temperatura calientes esto provoca insuficiencia de oxígeno en el agua o también si existen bacterias o minerales en al agua. El oxígeno también reduce el crecimiento de las plantas que están en su alrededor, de forma que los fertilizantes presentan nitratos y fosfatos por la cantidad de las plantas.

El oxígeno disuelto es un elemento muy variable en los ecosistemas acuáticos y constituye un requisito nutricional esencial para la mayoría de los organismos vivos, además es importante en los procesos de fotosíntesis, oxidación – reducción, solubilidad de minerales y la descomposición de la materia orgánica (Goyenola, 2007).

#### ***1.8.5.5. Conductividad***

En agua naturales se puede correlacionar en cantidad de solidos disueltos. Dado que, en altas concentraciones de sales puede afectar la vida acuática, en este caso le afecta al desarrollo de las plantaciones y la calidad de la superficie del suelo. El agua pura es un mal conductor de electricidad, por lo que la presencia de sales disueltas contribuye a conducirla en función de la cantidad presente, es por ello que la conductividad eléctrica constituye una medida indirecta de la cantidad de sales disueltas (Lomelí Meza, 2009).

Considerando para un análisis de calidad de agua para el uso de la agricultura, entre los principales indicadores que se debe considerar es

#### ***Física***

Clara (Turbidez)

Temperatura (<15 °C)

#### ***Química***

No toxinas (ausencia de sustancias no indeseables)

PH (niveles de iones de hidrógenos)

#### ***Microbiológicas***

Relación con orígenes patógenos.

#### ***1.8.5.6. Índice de calidad de agua***

La ventaja de utilizar índices de calidad del agua radica en que la información de los resultados de un monitoreo puede comunicarse y ser interpretada como mayor facilidad. Los usuarios actúan rápidamente y tienen una idea más clara de la situación que representa el agua ya que el índice expresa el grado de contaminación del tipo de agua analizado, la cual puede ser excesiva, medio o inexistente de fácil comprensión y abstracción (López, 2002)

En relación al uso que se emplea los índices de calidad, de manera que se representa por un número, un símbolo, color o un rango dependerá de la ponderación calificada asignado por los parámetros de calidad de agua.

## **1.9. Sistema de Riego**

### **1.9.1. Importancia Sistema de riego agricultor**

El sistema de riego debe ser eficiente porque debe abastecer la cantidad necesaria de agua, cumpliendo las condiciones del suelo viable para un desarrollo y el crecimiento de los cultivos, la superficie del suelo debe estar humedecida hasta el fondo o dependiendo del tipo

de cultivo, hay momento que se vuelve crítica cuando no se compensa el riego en la tierra por la necesidad del agua hacia la planta por otro lado la época de la sequía.

Es importante la irrigación en el proceso de la producción, por ello es la necesidad y eficacia de un sistema de riego porque al abastecer la cantidad necesaria del agua, mantiene las condiciones estables tanto en el suelo como el crecimiento de los cultivos.

### **1.9.2. Riego por goteo**

Método conocido por los agricultores como riego localizado, su efectividad de abastecer agua de manera continua de esta manera se evita inundar el suelo conservando el grado de humedad necesaria de la tierra. El riego por goteo se pone una vez que tenemos los bancales o terreo dispuesto para el cultivo y el riego, después sembramos nuestra semilla. Se recomienda semi enterrar las mangueras para detener la pérdida de agua por el viento o cubrirlas con el acolchado para que este correctamente hidratado y alimentado

Este modelo de riego puede realizar de forma casera hecho con material de manguera, agujeros finos, también se lo define como cinta absorbente. Entre las características del sistema de riego por exudación, su complejidad de autorregular, es decir, solamente sale agua cuando la tierra va disipando la humedad a su vez secando, pero si la tierra esta húmeda no sale agua.

Por otra parte, sistema por goteo va distribuyendo agua ininterrumpida. Para el modelo de riego por exudación se manejan tubos o manguera como más agujeros a lo largo de la manguera. Si se va a cosechar plantas que requieren grandes consumos de agua es mejor aplicar un el sistema de riego por goteo porque el riego por exudación no se interpone en marcha hasta que el suelo esta con menos humedad, causando un estrés hídrico, dado que, si vas a cosechar plantas que consuman poca agua la probabilidad el riego por exudación puede ser una mejor opción para cultivar.

#### ***Bloqueo de los goteros***

Por el contrario, puede ocurrir bloqueo del agua y conducir en el interior, por el uso de fertirriego, esto provoca eventualmente una mala calidad del sistema riego del gotero o simplemente por el desgaste. Por otro lado, el suelo no se puede labrar ya estando instalado el sistema por goteo porque es un sistema fijo.

#### ***Ventajas del riego por goteo***

Aumenta la producción y calidad, por lo que el riego es directo a la raíz evitando que crezca hierbas malas, las plagas, al no mojar las hojas se impide los hongos, también

ahorrando consumo de agua, este sistema se apto para instalar en cualquier terreno, por su valor económico de adquisición para los pequeños agricultores



*Figura 1. Riego por Goteo. Información tomada desde Huawei Mate 10 Lite. Elaborado por el autor.*

### **1.9.3. Riego por aspersión**

Este tipo de riego es de manera mecánica, es decir, transforma el agua en parte de rocío y la esparce en sus plantaciones, su funcionamiento es llegar de forma de llovizna llegando alcanzar áreas grandes, humedeciendo la mayor parte de superficie por tal razón es la más usado.

#### **Ventajas del riego por aspersión**

Su contribución ayuda gran parte de regar agua para los cultivos, y aporta con la mayor parte de humedad en el entorno, creando un contexto de bienestar para el desarrollo en las plantas. Este sistema de riego tipo llovizna ayuda limpiando las hojas de polvos, de hongos o de las cenizas, su rapidez, fácil de aplicar riego, ahorrando el costo de mano de obra, llegando a zonas irregulares con más facilidad.



*Figura 2. Riego por Aspersión. Información tomada desde iagua.es, Elaborado por el autor.*

#### 1.9.4. Riego hidropónico

Forma de cultivo sin suelo. Con este tipo de sistema, al estar encerrado, los drenajes se reutilizan para la irrigación, favoreciendo el crecimiento y aportaciones de nutrientes hacia los cultivos, evitando así la contaminación de la superficie de la tierra donde se va a cultivar. Su funcionamiento es de forma directa con las cantidades de nutrientes para los cultivos, por no tener suelo, de la misma manera, no, se corre el riesgo de tener enfermedades causadas por el suelo, no se aplican desinfectantes, pero su objetivo principal es realizar el control de irrigación, así mismo la medida correcta de fertilizantes, los niveles de pH, y su conductividad Eléctrica



*Figura 3. Riego Hidropónico. Información tomada desde novagric.com, Elaborado por el autor*

#### 1.9.5. Riego por microaspersión

La característica porque se asemeja al riego por aspersión, la facilidad de controlar la cantidad de agua en cada gota a presión donde se dispersa a un radio menor de 3 metros, las desventajas que no llegan a tener gran alcance en el riego para cultivo de plantas pequeñas como jardines,



*Figura 4. Riego microaspersión. Información tomada de agrohuerto.com, Elaborado por el autor.*

### 1.9.6. Riego por nebulización

Es un sistema de irrigación, su funcionamiento es expulsar agua de forma neblina, con conectores que están colocados en la parte superior de las plantaciones, la cual, es la forma apropiada de suministrar agua o fertilizantes, contribuyendo a disminuir temperaturas y elevar el nivel de humedad. Estos sistemas suelen trabajar con presiones relativamente elevadas, en torno a 2-4 bares.



*Figura 5. Riego por Nebulización. Información tomada de iagua.es, Elaborado por el autor.*

### 1.9.7. Agricultor

#### *1.9.7.1. La actividad Agrícola y su influencia en calidad de agua*

El promedio de la actividad de agricultores ocupa más del 70% del agua que se extrae en el ecosistema, esta actividad agrícola como acuícolas representan una porción mayor del uso del agua, debido a evapotranspiración de los cultivos.

En el mismo momento la actividad agrícola seguirá estableciendo un compromiso fundamental en la seguridad alimentaria mundial. Se estima que la producción agrícola tendrá el aumento de ingresos por el desarrollo del mundo y el desarrollo económico para los agricultores que depende de este trabajo para subsistir en esta vida.

#### *1.9.7.2. Agricultura del riego*

Consiste en el aprovechamiento y/o suministro de agua en las cantidades necesarias para la producción agrícola, mediante métodos artificiales que permiten restablecer la humedad del suelo. Comprende todas las interrelaciones productivas (suelo, agua, planta, clima y manejo), sociales, económicas, técnicas y ambientales en torno a la dotación de agua en la producción (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura., 2011).

### ***1.9.7.3. Inclusión del riego***

Es el proceso por el cual penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo. En una primera etapa satisface la definición de humedad del suelo en una zona cercana a la superficie y posteriormente superado cierto nivel de humedad, pasa a formar parte del agua subterránea, saturando los espacios vacíos del acuífero (Heras, 1970) .

### ***1.9.7.4. Horticultura***

Las hortalizas son un grupo grande de plantas alimenticias que se caracterizan por su valor nutritivo, principalmente por el aporte de vitaminas y minerales, y por su delicado sabor; en general contribuyen a la obtención de una alimentación balanceada y completa (FAO, 1982)

La familia cucurbitácea representa varias características comunes, son plantas que se extienden ocupando gran parte del terreno, el pepino es un vegetal, forma parte de ensaladas, bebidas energizantes incluso es usado en mascarillas con fines de embellecimiento facial por ser antioxidantes y nutrientes esencial con vitaminas y mineral.

#### ***1.- Clima y Suelo***

Requiere del clima cálido, representa a la cosecha de ciclo corto se desarrollan mejor con temperaturas altas, además. Es recomendable sembrar en terrenos amplios.

#### ***2.- Luz***

Recomienda de 12 h diarias de luz, para una buena productividad

#### ***2.- Raíces y tallo***

Su raíz muy extensa, consta de raíz principal, de tal manera se ramifica rápidamente dando raíces secundarias finas y alargadas de color blanco, su tallo es angulosos y espinosos, su crecimiento es tipo rastrero, trepador aun que el tallo se guía por un palo hasta llevar un alcance de 2 metros con el objetivo que los frutos cuelguen.

#### ***3.- Flor***

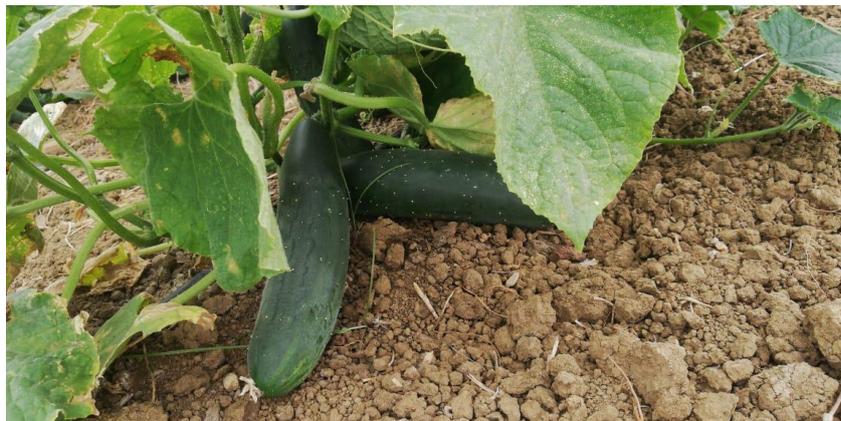
Las flores aparecen en la parte de axilas de las hojas su característica pueden ser hermafroditas o unisexuales igualmente necesitan una polinización con la ayuda de los insectos.



*Figura 6. Flor de Pepino. Información tomada de agrohuerto.com, Elaborado por el autor.*

### **5.- Frutos**

Para recoger el fruto se tiene que esperar entre los 40 días o 50 días. Las primeras cosechas pueden ser los pepinillos y pepinos que son los que alcanzaron a desarrollarse de mejor calidad. Otra variante varía desde el color verde claro, hasta el verde oscuro y alcanza un color amarillento por esta totalmente maduro, es recomendable recoger antes de la madures.



*Figura 7. Fruto de Pepino. Información tomada desde Huawei Mate 10 Lite, Elaborado por el autor.*

## **1.9.8. Sistemas IOT y la Tecnología para un Monitoreo**

### **1.9.8.1. Internet de las cosas IOT**

la IOT se considera como un proyecto ambicioso que ejercer repercusiones sociales y tecnológicos; es decir que, la normativa técnica el internet de las cosas es concebido como la infraestructura global de la sociedad de la información, permitiendo conserve servicios avanzados mediante conexiones objetivas virtuales y físicas, por la capacidad de comunicarse entre distintos sistemas con diferentes datos en diferentes formatos de modo que la información es accesible y compartida de las tecnologías TIC. IoT ofrece servicios de diferentes tipos de aplicaciones, procesamiento por su mayor capacidad de identificación,

también adquisición de datos, garantizando comunicación y los requisitos de privacidad y seguridad.

El propósito del objeto puede ser físicos o virtuales y tiene la posibilidad de conectarse e identificar en redes de comunicaciones, de tal manera pueden contener información de forma dinámica o estática. Dado que, en objeto virtual pueden existir sin tener que estar conectados en un lugar físico, los objetos virtuales pueden almacenar, procesar y acceden a ellos mismo como son los softwares de aplicaciones y los contenidos multimedia. Mientras que, el objeto físico se conecta, para detectar y actuar, un ejemplo claro son los robots industriales y los equipos electrónicos

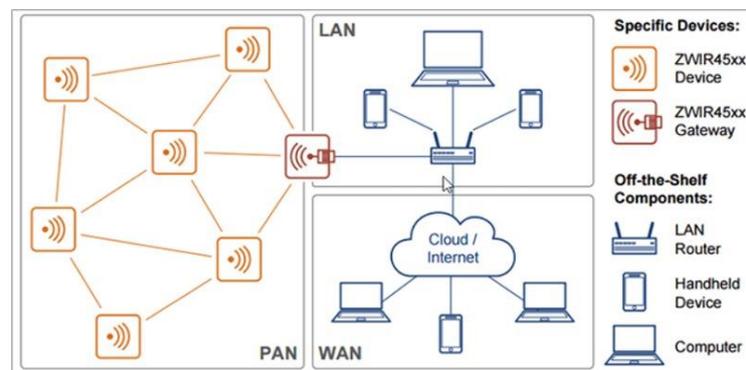


Figura 8. Módulo de Conectividad IoT. Información tomada de casadomo.com, Elaborado por el autor.

### 1.9.8.2. Tipos de dispositivos y la relación con objetos

Los dispositivos IoT deben cumplir los requisitos para disponer la capacidad de comunicación. estos dispositivos se clasifican de manera diferentes según el dispositivo como envío de datos, la detección o accionamiento y dispositivos genéricos.

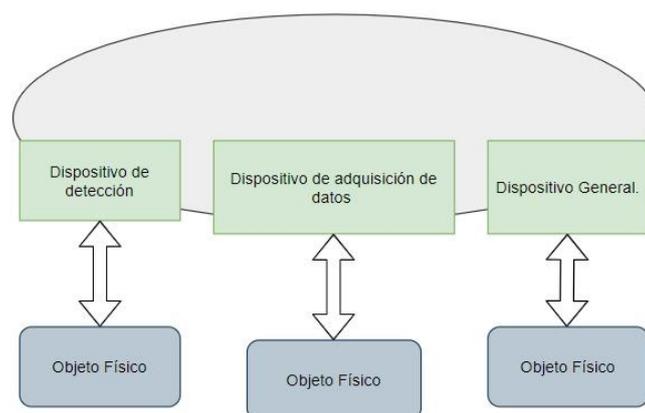


Figura 9. Redes de Comunicación IoT. Información tomada desde draw.io, Elaborado por el autor.

1. dispositivos de envío de datos está incorporado en los objetivos físicos para conectar forma indirecta con la red de telecomunicaciones.

2. Dispositivos de detención y accionamiento: su funcionamiento es detectar información en su entorno y convertir en señales digital electrónico o también transforma en señales digitales electrónica, comúnmente tienen la capacidad de crear redes locales para comunicarse entre sí por medio de tecnologías de comunicación inalámbrica o alámbricas

3. Dispositivos de adquisición de datos: equipos de lectura y escritura tienen la capacidad de intercomunicarse con objetos físicos.

4. dispositivos General: es a unión de objetos físicos, cuenta con capacidad de procesamiento y comunicación que pueden realizar comunicación con tecnologías inalámbricas y alámbricas. Constan con aplicaciones y equipos para diferentes tipos de aplicaciones IoT, por ejemplo, las maquinas industriales, teléfonos inteligentes y electrométricas entre otros.

### ***1.9.8.3. Sistemas embebidos***

Es un sistema de diseño por computación con el objetivo de realizar tareas en sistemas operativos en tiempo real, en cambio un ordenador

Son sistema de computación diseñados con el objetivo de realizar tareas en SO. en datos de tiempo real, existe la diferencia en los ordenadores como una computadora personal realizan una prolongación de tarea mucho mayor a los sistemas embebidos, en cambio los sistemas embebidos realizan tareas en específicos, sus componentes están incluidos en la placa base, componente como en la tarjeta de video, audio, módem entre otros. De tal manera su programación se puede manipular a un lenguaje de microprocesador o un microcontrolador que está incorporado en el sistema como el lenguaje C, C++, o Java.

### ***1.9.8.4. Arduino***

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software de fácil uso. Las placas que posee Arduino pueden leer entradas (luz en un sensor, un dedo en un botón o un mensaje de Twitter) y convertirla en una salida como, por ejemplo: activar un motor, encender un LED y publicar algo en línea. Puede decirle a su tarjeta qué debe hacer enviando un conjunto de instrucciones al microcontrolador de la tarjeta. Para hacerlo, utiliza el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el software Arduino (IDE), basado en el procesamiento (Arduino, 2019).

Según Caicedo (2017) Una plataforma de computación física (son sistemas digitales conectados a sensores y actuadores, que permiten construir sistemas que perciben la realidad y responden a acciones físicas) basada en una simple placa microcontrolador de

entrada/salida y desarrollada sobre una biblioteca que simplifica la escritura de la programación en C/C++ .



*Figura 10. Arduino Open Source. Información tomada de Arduino.cc, Elaborado por el autor.*

El software de código abierto Arduino (IDE) facilita escribir código y cargarlo en la pizarra. Se ejecuta en Windows, Mac OS X y Linux. El entorno se encuentra escrito en Java y se basa en procesamiento y otro software de código abierto. Este software puede ser utilizado con cualquier placa Arduino existente (Arduino, 2019).

#### **1.9.8.5. Raspberry Pi**

Este pequeño equipo es capaz de mover juegos ligeros, hojas de cálculos, procesadores de texto y también lograr reproducir videos en alta calidad. Normalmente usadas como miniordenadores, Servidores de impresión, Media center; incluso poder transformar viejos televisores en Smart Tv, como también crear servidores Plex el cual es un servidor de contenido multimedia y poder instalar sistemas operativos libres (GNU/Linux) mediante una tarjeta sd (Abc., 2013).



*Figura 11. Raspberry Pi. Información tomada desde shop.pimoroni.com, Elaborado por el autor.*

#### **1.9.8.6. ESP32**

Es una placa Soc “System on Chip”, integrada por un chip de procesador Tensilica Xtensa de doble núcleo de 32 Bits a 160 MHz, maneja diferentes lenguajes de programación como

emplear IDE de Arduino, instalar Micro Python, RTOS, Mongoose OS, Espruino. Esta incorporado la capacidad de conectividad Bluetooth y Wifi manifiesta un gran desempeño a diferencia del ESP8266, es la placa anterior, presenta mayor potencia en Bluetooth 4.4, sensor de temperatura, Reloj en tiempo real, encriptación de datos.

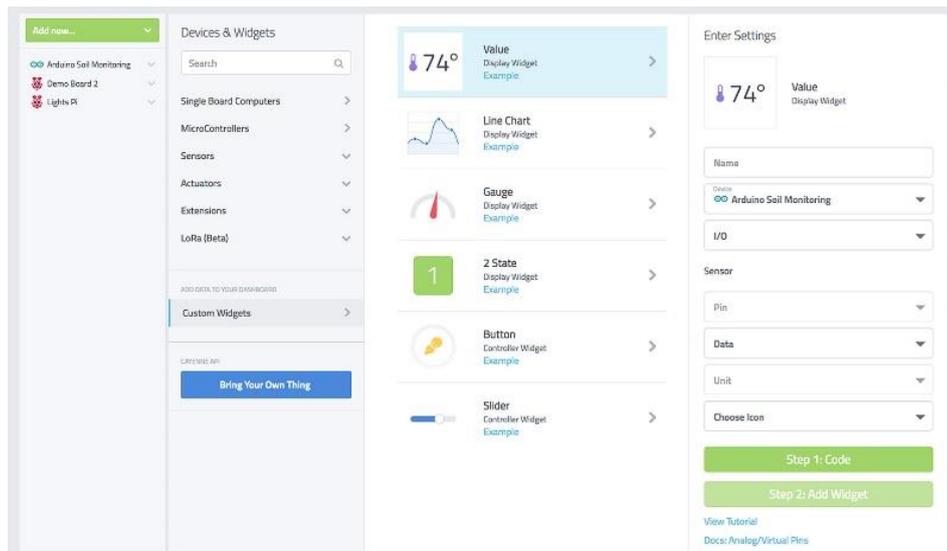


*Figura 12. Esp32 Microcontrolador. Información obtenida de [espressif.org](https://www.espressif.com/) Elaborado por el autor.*

## **1.9.9. Herramienta de Software**

### ***1.9.9.1. Plataforma Cayenne MyDevices***

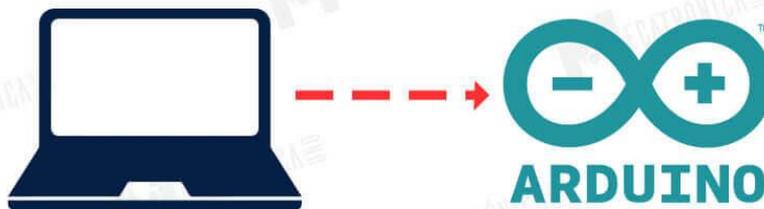
Cayenne myDevices nos brinda una amplia gama de posibilidades. Posee un gran apoyo por parte de empresas pertenecientes a la industria tecnológica como los son: Microchip y Smetch y del hardware libre como Arduino. Entre todos los servicios que nos ofrece caben resaltar: seguimiento de dispositivos, control y monitorización remota, alertas, tratamientos de datos avisos, programación de eventos, código personalizado, una API MQTT y compatibilidad con redes como Lora WAN (Del Valle Hernández, 2019). Su compatibilidad con otros dispositivos tipo placa e incluso de hardware: Arduino, ESP32, Raspberry y diferentes redes. Esta plataforma aporta con la construcción de aplicaciones del IoT, que nos permite diseñar y visualizar datos tiempo real o periódica.



**Figura 13.** Cayenne MyDevice. Información obtenida de [www.home.mydevices.com](http://www.home.mydevices.com), Elaborado por el autor.

### 1.9.9.2. Software Arduino IDE

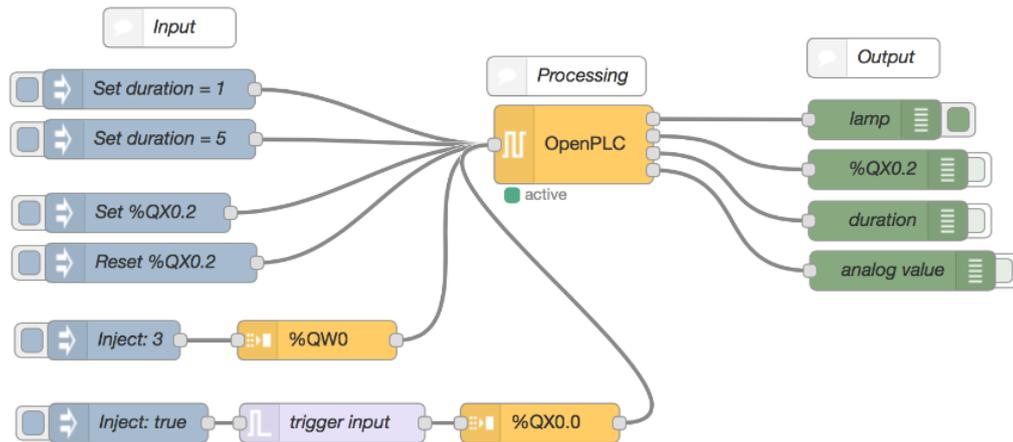
El software de código abierto Arduino (IDE) facilita escribir código y cargarlo en la pizarra. Se ejecuta en Windows, Mac OS X y Linux. El entorno se encuentra escrito en Java y se basa en procesamiento y otro software de código abierto. Este software puede ser utilizado con cualquier placa Arduino existente (Arduino, 2019).



**Figura 14.** Arduino Ide. Información obtenida de [mecatronicauo.com/](http://mecatronicauo.com/), Elaborado por el autor.

### 1.9.9.3. Node Red

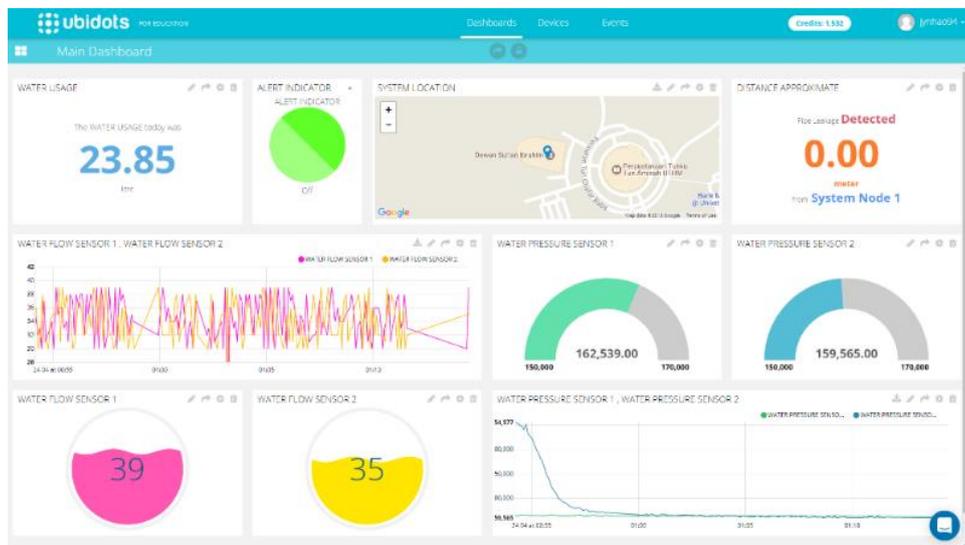
Es una herramienta de software de código abierto es impulsado por el desarrollador de IBM, nos permite la creación de flujo del sistema de monitoreo por medios de protocolos y estándar. Su interfaz es mediante una estructura de contenido de una web HTML que nos facilita la conexión de nodos y así definir las conexiones de dispositivos hardware, servicios en línea y API'S.



**Figura 15.** Programación en bloque en Node-Red. Información tomada de flows.nodered.org, Elaborado por el autor.

### 1.9.10. Ubidots

Ubidots es una plataforma de internet de las cosas, que permite tanto a emprendedores como empresas, a desarrollar e implementar aplicaciones de IoT, convirtiendo los datos que se extraen de sensores en conocimiento para la solución de problemas de un manera simple, ágil y rápida.



**Figura 16.** Ejemplo de Dashboard en Ubidots. Información tomada de ubidots.com, Elaborado por el autor.

### 1.9.11. Sensores

Es un dispositivo que proporciona y detecta cambio en el entorno a su vez capacitado para detectar estímulos externos y acciones, es decir, es una señal de entrada convirtiendo las medidas físicas o químicas y son leídas por aparatos electrónicos y los resultados son presentados en señal digital o señal analógica, se muestra en una pantalla cuando la información del medio físico del entorno o el medio químico.

Los sensores se clasifican dependiendo de sus funciones de datos de salidas como analógica y digital, se pueden desarrollar con una interfaz de sistema robótico interfaces físicos.

Un sensor es un dispositivo que puede medir una o más magnitudes físicas o químicas (señal de entrada) y convierte las magnitudes en medidas en una señal que podría ser reconocida y leída por instrumentos electrónicos como un microcontrolador (Atlas Scientific, 2017).

#### **1.9.11.1. Sensor de Oxígeno disuelto**

Sensor compuesto con polietileno, un ánodo y un cátodo sumergida en un electrolito. Funciona con las moléculas de oxígeno ingresan a través de la membrana en un tiempo constante. Una vez que las moléculas del oxígeno cruzan a la membrana reacciona el cátodo y el electrolito para producir un voltaje, este pequeño voltaje es traducida a una lectura de mg/l. pero si no hay moléculas de oxígeno, el voltaje de medida será 0.

Este dispositivo es compatible con microcontrolador Arduino, está diseñado para ser uso de medición de oxígeno en el agua y sus aplicativos como un monitoreo ambiental, acuicultura.

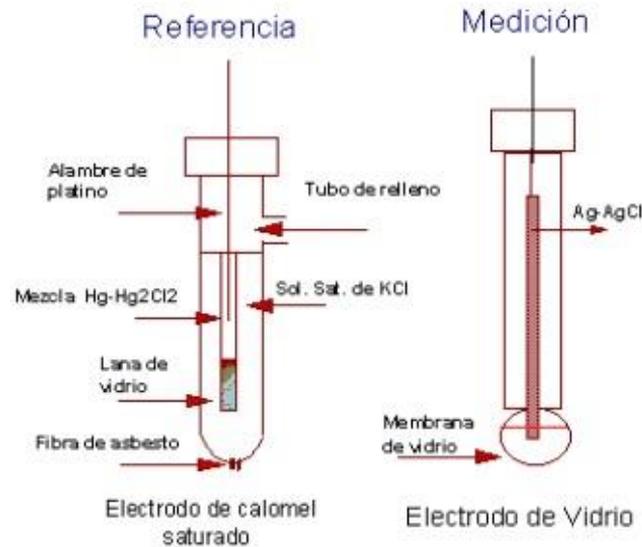


**Figura 17.** Estructura de un Sensor de Oxígeno. Información tomada de keyence.com, Elaborado por el autor.

#### **1.9.11.2. Sensor de pH**

Este sensor consiste en los siguientes elementos, una sonda que contiene alambre de plata con una copla que está sumergido de plata y en alambre de cloruro de potasio. Su funcionamiento del pH mide las actividades de iones de hidrógenos en un líquido. En la

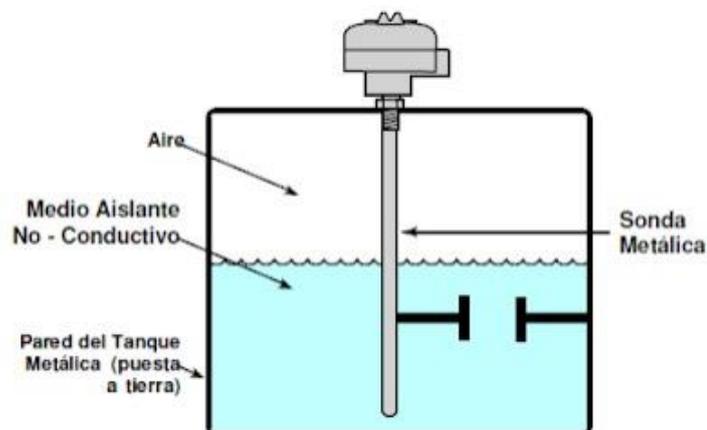
punta del sensor de pH tiene una membrana de vidrio que permite que los iones ingresan en la capa exterior del vidrio. De tal forma que en las concentraciones de iones de hidrógenos crea una pequeña corriente y esto proporciona la concentración de iones de hidrógenos de líquido medido.



**Figura 18.** Partes de un Sensor de pH. Información tomada de Mc Q. Arturo Bolaños Guillen, Elaborado por el Autor.

### 1.9.11.3. Sensor de conductividad Eléctrica

Es un medidor analógico de conductividad eléctrica, el funcionamiento dentro tiene una sonda de conductividad, dos electrodos esta de forma opuesto, se aplica una tensión de AC a los electrodos, de esta manera se mueven negativamente hacia el punto negativo mientras que los iones se mueven hacia el electrodo positivo, el resultado dependerá electrolito contiene el líquido, mayor es la conductividad eléctrica. El uso es para monitorear de calidad de agua, cultivos de peces y cultivos hidropónicos.



**Figura 19.** Sensor de Conductividad Eléctrica. Información tomada de antechsv.com, Elaborado por el autor.

#### ***1.9.11.4. Sensor de Temperatura***

Un sensor de temperatura es un componente tipo termómetro que devuelve una señal eléctrica que depende de la temperatura del sensor, como varia de la temperatura, varia la resistencia del platino cambia y esto presenta una lectura en grados centígrados.



*Figura 20. Sensor de Temperatura. Información tomada de efcomponents.com, Elaborado por el autor.*

#### ***1.9.11.5. Microcontroladores***

Un circuito digital que contiene una unidad central de procesamiento, unidad de memoria RAM y ROM, puerto de salida y entrada y periféricos; son utilizados como un sistema embebido. La mayoría de estos quipos están integrados en automóviles, teléfonos, electrodomésticos y periféricos para sistemas informáticos los dispositivos de entrada y salida incluyen interruptores y sensores como para datos de humedad, temperatura y hasta el nivel de la luz. para que un microcontrolador se ejecute para por 3 pasos en traer, decodificar y ejecutar. Su arquitectura es basada en dispositivos digitales usando lógicas combinación secuencial incluye memoria, un CPU y otros periféricos de manera que, la memoria es utilizada para instrucciones de programa y la RAM. El CPU este compuesto de circuitos para almacenar datos en a memoria, optando a realizar varios cálculos con la lógica aritmética.

### **1.9.12. Redes de Monitoreo**

#### ***1.9.12.1. Descripción de una red de monitoreo en el riego***

En términos generales el sistema de monitoreo ha sido una definición de como la observación continua del medio ambiente con métodos estandarizados (Ott, 1978). Para un sistema de riego en las plantaciones de cultivo se debe considerar en realizar un monitoreo de agua, porque consiste de supervisar continuamente con el propósito de tener medidas de observaciones, muestreo, análisis de cada variable del agua importante para el desarrollo de

la planta, las mediciones que pueden ser físicas, químicas y/o biológicas con el fin de examinar sus características para un determinado propósito.

***Método para establecer un sistema de monitoreo:***

- Identifican las propiedades físicas, químicas y biológicas
- Define rango en calidad del agua.
- Determina que efectos naturales y los impactos en los cultivos.
- Especificar medidas aptas para el desarrollo correcto de los recursos hídricos.

***1.9.12.2. Establecer criterios de redes monitoreo***

Realizar los criterios de un diseño deben responder a los objetivos de un sistema de monitoreo ambiental donde se define como prioridades zonas y matrices a analizar (Agua, suelo, sedimento). El monitoreo es la un método y observación periódicamente del medio ambiente. Un reconocimiento es la fijación en del tiempo limitado diseñados para medir y observar los detalles del ambiente. La vigilancia es constante, a medida continua del medio ambiente para un control.

***1.9.12.3. Uso del agua***

La realidad de disponer de agua totalmente limpias para todos los seres humanos, para animales y plantas, sería un factor muy considerable con el fin de evitarnos las enfermedades que existen en la actualidad y se redujera muy notable los patógenos y bacterias que se producen por el uso de consumo y uso doméstico que realiza el ser humano, por lo general no hay vida ni vegetal ni animales que pueda prescindir de este elemento natural del agua. Como importancia del agua pura para la salud de una vida mejor sin problemas ambientales ni enfermedades.

***1.9.12.4. Calidad del agua***

La calidad del agua que debe ser abastecida a la población para su consumo debe ser caracterizada de la forma más completa, para conocer el tipo de fuente, las características físico-químicas, organolépticas y microbiológicas tanto en periodo de lluvia, así poder identificar el tipo de tratamiento que el agua necesita para seleccionar: los procesos de potabilización adecuados, el procedimiento de muestreo para el control de calidad, como por ejemplo, considerar que los procedimientos para llevar a cabo los mismo se encuentren acorde con los métodos estándar reconocidos nacional e internacionalmente. (Cano y Escobar, 2011).

### **1.9.13. Definición de parámetros fisicoquímicos para el monitoreo de la calidad del agua mediante dispositivos IOT**

A continuación, se presenta otros proyectos referentes que son de mucha importancia por la información de un diseño de monitoreo con dispositivos IoT, donde se determina los parámetros más relevantes de los índices de físico y químico del agua que son medidos por sensores y monitoreado por dispositivos IoT.

#### ***España***

##### ***Desarrollo de un sistema de sensores para la detección de sustancias peligrosas***

El estudio de un diseño y evalúa la detección de sustancias peligrosas, de bajo costos con módulos IoT, mediante el uso de comunicación usando las plataformas hardware Arduino y el código abierto que ofrece el software de Arduino, de esta manera se reduce gran parte de los costos.

La verificación del tipo de elemento que se interpone en el agua, esto dependerá del tipo del entorno, es decir si, los elementos que ponen en riesgo pueden ser de uso doméstico o el uso laboral. El diseño de un prototipo de tres subsistemas, con el objetivo de medir tres parámetros diferentes que son Dióxido de carbono, oxígeno y amoníaco. Los resultados de la comunicación de los subsistemas del proyecto, para él envió de datos de los tres parámetros, se concluye la determinación y el diseño de una interfaz en tiempo real para la visualización de sus clientes.

#### ***Colombia***

##### ***Sistema de monitorización de pH y capacidad de pozos subterráneos en zonas rurales de Colombia, usando esquemas de internet de las cosas***

Los equipos para esta investigación se sensor de pH y sensor de ultra sonido de las cuales la ubicación de ultra sonido está ubicado en la parte superior de un pozo y el sensor de pH en la parte inferior del pozo, de esta manera se toma la muestras a su vez es enviado la información a la Raspberry PI para ser procesada y almacenada la información, la funcionalidad de las Raspberry sube la información en la nube, para que el dispositivo embebido no tenga problemas con efectos de colapsos al subir la información. Entonces de esta manera las personas tienen una perspectiva en gráficos los niveles del agua facilitando la lectura de la información.

#### ***África***

##### ***Diseño e implementación de un sistema de IoT para el monitoreo de la calidad del agua en acuicultura.***

Estudios realizados por la universidad de Pretoria, implementaron el diseño y desarrollo de un sistema monitoreo de calidad de agua con el propósito de facilitar la lectura en tiempo real los parámetros físicos- químicos del agua, como es el pH, la temperatura, la conductividad y oxígeno disuelto, de tal manera que las muestras tomadas se puedan observar en una pantalla facilitando la lectura de los parámetros. Y detectar contaminantes del agua

El modelo de sistema de monitoreo se basa en módulo de un nodo de medición basados en micro controladores, del cual este proceso analiza los datos de los sensores que están conectados en el prototipo, un modelo de receptor y transmisor ZigBee, es decir que, para tener comunicación entre los nodos de medición y la notificación si los parámetros tienen los niveles normales de fisicoquímico, de tal manera el nodo solo notifica por sonido, cuando los niveles son inseguros que es evaluado por el sensor. La investigación aporta sobre la medición de los parámetros y la conexión de los nodos y microcontroladores para un diseño como notificación en sonido, el sistema trabaja con medidas en tiempo real para tener resultados positivos.

#### **1.9.14. Definición de los parámetros a medir**

Las investigaciones referentes de los diseños de monitoreo de calidad de agua y los parámetros importantes, la disponibilidad de sensores y el uso de sistema embebidos que los caracteriza por su comunicación con los dispositivos IoT, para una mejor definición de que los parámetros a medir es el pH, temperatura, turbidez, oxígeno disuelto y conductividad.

El monitoreo de pH, es el más importante por la razón indica el nivel de acidez que tiene la planta, entonces si es mucha acidez, la planta no absorbe los nutrientes, afectando las raíces de las plantaciones , la turbidez indica la cantidad de material suspendido que se encuentran en el agua, la temperatura aunque parecer no ser tan necesario, es importante cuando el agua no esté en niveles correctos presenta alteraciones o retardos en la actividad biológica, es decir que, aparezcan bacterias o virus y esto generar una cadena de consecuencias en la calidad del agua y su representación.

#### **1.9.15. Marco Legal**

En la constitución de Montecristi en el año 2008, se estipulo de los recursos naturales y biodiversidad, de lo que se enfatiza la sección quinta: Agua; con sus artículos:

Art. 13. El derecho al agua es un derecho humano fundamental e irrenunciable. Es patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Art. 14. Se garantiza la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar a la calidad, cantidad de agua y equilibrio de los ecosistemas, especialmente en las fuentes y zonas de recarga de agua.

La supervivencia de los ecosistemas el consumo diario de los humanos será prioritarios para el uso y aprovechamiento del agua.

Art. 15. El sistema nacional de gestión del agua cooperará y coordinará con el sistema nacional de gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con enfoque ecosistémico. La autoridad a cargo del sistema nacional de gestión del agua será responsable de la planificación, regulación y control, en los términos establecidos mediante ley.

Art. 5. Acceso al Agua.- el Acceso y uso del agua como factor de productividad se regirá por lo dispuesto en la Ley que trate los recursos hídricos, su uso y aprovechamiento, y en los respectivos reglamentos y normas técnica la manipulación para el buen uso del agua de un sistema de riego, abrevadero de animales, acuacultura u otras actividades de la producción de alimentos, se asignará de acuerdo con la prioridad prevista en la norma constitucional, en las condiciones y con las responsabilidades que se establezcan en la referida ley.

Art. 6. Acceso a la tierra. - el uso y acceso a la tierra deberá cumplir con la función social y ambiental.

La función social de la tierra implica la generación de empleo, la redistribución equitativa de ingresos, la utilización productiva y sustentable de la tierra. La función ambiental de la tierra implica que ésta procure la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas; que permita la conservación y manejo integral de cuencas hidrográficas, áreas forestales, bosques, ecosistemas frágiles como humedales, páramos y manglares, que respete los derechos de la naturaleza y del buen vivir; y que contribuya al mantenimiento del entorno y del paisaje.

La ley que regule el régimen de propiedad de la tierra permitirá el acceso equitativo a ésta, privilegiando a los pequeños productores y a las mujeres 17 productoras jefas de familia; constituirá el fondo nacional de tierras; definirá el latifundio, su extensión, el acaparamiento y concentración de tierras, establecerá los procedimientos para su eliminación y determinará los mecanismos para el cumplimiento de su función social y ambiental. Así mismo, establecerá los mecanismos para fomentar la asociatividad e integración de las pequeñas propiedades. Además, limitará la expansión de áreas urbanas en tierras de uso o vocación agropecuaria o forestal, así como el avance de la frontera agrícola

en ecosistemas frágiles o en zonas de patrimonio natural, cultural y arqueológico, de conformidad con lo que establece el Art. 409 de la Constitución de la República

Art. 7. Protección de la agrobiodiversidad. - el Estado, así como las personas y las colectividades protegerán, conservarán los ecosistemas y promoverán la recuperación, uso, conservación y desarrollo de la agrobiodiversidad y de los saberes ancestrales vinculados a ella. Las leyes que regulen el desarrollo agropecuario y la agrobiodiversidad crearán las medidas legales e institucionales necesarias para asegurar la agrobiodiversidad, mediante la asociatividad de cultivos, la investigación y sostenimiento de especies, la creación de bancos de semillas y plantas y otras medidas similares, así como el apoyo mediante incentivos financieros a quienes promuevan y protejan la agrobiodiversidad.

Art. 8. Semillas. - el Estado, así como las personas y las colectividades promoverán y protegerán el uso, conservación, calificación e intercambio libre de toda semilla nativa. Las actividades de producción, certificación, procesamiento y comercialización de semillas para el fomento de la agrobiodiversidad se regularán en la ley correspondiente.

Las semillas, plantas nativas y los conocimientos ancestrales asociados a éstas constituyen patrimonio del pueblo ecuatoriano, consecuentemente no serán objeto de apropiación bajo la forma de patentes u otras modalidades de propiedad intelectual, de conformidad con el Art. 402 de la Constitución de la República.

## **Capítulo III**

### **Metodología y Propuesta**

En este capítulo, se explica la metodología y los diferentes tipos de investigación que se emplearon para el desarrollo y la construcción de la propuesta, las cuales ayudaron al análisis y a la comprensión del proceso de cultivo de alimentos, en donde, el estado del agua puede inferir directamente en su producción; es por ello, que se realizan comparativas entre diferentes tecnologías que podrían solucionar la problemática, basándose en normativas y parámetros idóneos de la calidad física y química que debería tener del agua para su correcto uso en el proceso de cultivo de alimentos.

#### **1.10. Tipo de Investigación**

Para el presente estudio, se utilizará un enfoque de investigación cualitativo puesto que se deben considerar los elementos idóneos y niveles óptimos para la construcción de un sistema de monitoreo de la calidad del agua dentro de un proceso de cultivo ubicado cerca del río Ancón.

Un enfoque cualitativo ayuda a la interpretación de un fenómeno, es decir, se centra en el contexto en el que ocurren las cosas mediante la recolección exhaustiva de datos, en donde el investigador interactuará directamente con los implicados en busca de respuestas ya sea mediante el uso de entrevistas, encuestas, observaciones y cuestionarios. (Ikeda, 2018).

##### **1.10.1. Bibliográfica**

Mediante la investigación bibliográfica se revisará todo el material bibliográfico que ayude a entender el tema a estudiar, desde documentos que brinden una amplia gama de especificaciones de sensores que se podrían usar al diseñar el prototipo, así como también normativas que describan los valores idóneos de la calidad del agua, desde su temperatura, turbidez y niveles de pH, para ser usados en la puesta en marcha del dispositivo.

##### **1.10.2. Descriptiva**

Este tipo de investigación se encarga de otorgar una descripción de la realidad de un fenómeno en cuestión, con la finalidad de comprenderlo con exactitud, es decir, que mediante los resultados cualitativos (entrevistas, encuestas u observaciones) se describen las necesidades de los sujetos que estén directamente relacionados con el problema, para entender con una mayor exactitud la naturaleza del fenómeno.

Por lo tanto, se realizó una visita a la granja para observar sus instalaciones del riego que es usada en el proceso de cultivo de los alimentos, en donde se definió la problemática en base al poco crecimiento de la planta y la escasez de frutos, el riesgo de proveer agua

contaminada dando como resultado que las plantaciones absorban microbiológicos como algún virus o bacterias.

### **1.10.3. Experimental**

La investigación de tipo experimental consiste en someter a un objeto de estudio en específico en la cual, se aplicará una serie de estímulos a un conjunto de individuos, animales, plantas entre otros, con la finalidad de observar la reacción y los efectos que producen en ellos (Arias, 2012).

Mediante la investigación experimental se definirá cada proceso llevado a cabo para desarrollar el prototipo de monitoreo de calidad del agua, realizando las respectivas pruebas de su correcto funcionamiento, tanto de su hardware como su software, con el fin de ir puliendo mejoras para su uso.

## **1.11. Técnicas de Investigación**

Las opiniones de las personas encargadas en el riego y cultivo de plantas son vitales dentro del proceso de investigación, por ende, para tener una mejor apreciación de la problemática se debe verificar primero dichas opiniones además de una observación directa del problema con el fin de buscar patrones entre ambas técnicas para un mejor entendimiento y planteamiento de una propuesta que ayude a solucionarla.

### **1.11.1. Entrevista**

Mediante la estrategia de la entrevista se recolectará información pertinente del tema planteado, formulando un cuestionario de preguntas elaboradas que otorguen de manera precisa información relevante para entender el problema.

Para reforzar el presente trabajo de titulación, se realizó una entrevista a la persona encargada del proceso de cultivo de plantas que en conjunto con sus trabajadores usan el agua del río Ancón en su día a día.

#### ***1.11.1.1. Instrumento para la recolección de datos***

Mediante el uso de una entrevista semiestructurada se formulará un cuestionario, en donde las preguntas que se realizaran serán de manera abierta con la finalidad que la persona entrevistada pueda expresarse abiertamente acerca de su conocimiento en el proceso de cultivo y exponga las dificultades que ha conllevado la mala calidad del agua en su producción.

### ***1.11.1.2. Población y Muestra***

Con los estudios que se vienen gestionando del proceso de abastecer agua a sus cultivos, por el uso de sistema de riego por goteo, se puede incluir a la población un estudio de muestras, pero el requerimiento es la opinión de un profesional, de modo que gran parte de los agricultores no tiene conocimiento de cómo realizar un tratamiento de calidad del agua. Del cual, se ha seleccionado a un trabajador que es especializado en sistema de riego y el conocimiento de cómo tratar el agua, para métodos prácticos se utilizara instrumento de investigación como la entrevista.

### ***1.11.1.3. Cuestionario para la entrevista***

En esta sección se formula el siguiente cuestionario de preguntas para la realización de la entrevista.

1. ¿En la actividad de la agricultura, qué decisión se debe tomar en cuenta de instalar un sistema de riego?
2. ¿Y si hablamos de la tierra, a esta se le debe examinar?
3. ¿Por qué la tierra también tiene que ver la salinidad?
4. ¿Qué clase de cultivo tiene en sus plantaciones, de acuerdo con el consumo de agua?
5. ¿Sí hablamos de fertilizantes e insecticidas, tendría que ver mucho el agua y la importancia de la calidad del agua?
6. ¿El clima de la zona ayuda mucho para su cosecha?
7. ¿El agua del río ayuda mucho para tener una buena productividad?
8. ¿Qué debe hacer uno para tener una buena cosecha? ¿Debe considerar la importancia de la tierra, el agua y el clima?
9. ¿Si, hablamos costo de producción, el precio de venta?
10. ¿Usted estaría de acuerdo que implementara un sistema control de medición del agua de pH, para sus cultivos?

### ***1.11.1.4. Resultados de la Entrevista***

La entrevista fue realizada al agricultor Ramón Parrales de la zona, en la cual en base a su experiencia respondió el siguiente cuestionario:

- 1. ¿En la actividad de la agricultura, qué decisión se debe tomar en cuenta de instalar un sistema de riego?**

Según (Parrales, 2021) indica que para instalar un sistema de riego lo primero que se debe de tener en cuenta es la presión de la bomba que consta dicho sistema; la razón es porque dependiendo de esa presión se arman tramos para mantener y llevar el agua a las diferentes hectáreas donde se encuentra sembrados sus productos.

## **2. ¿Y si hablamos de la tierra, a esta se le debe examinar?**

Según (Parrales, 2021) indica que se debe hacerle un examen a la tierra, sin embargo, él no ha hecho alguno, puesto tiene un costo muy elevado; y un pequeño agricultor no podría pagarlo, es por eso, que no han tomado las precauciones necesarias de hacerle un examen a la tierra para divisar con que abono se debe trabajar para ayudar a la tierra.

## **3. ¿Por qué la tierra también tiene que ver la salinidad?**

Según (Parrales, 2021) indica que es vital porque con ella se pueda divisar si a la tierra le faltan minerales; y este proceso se lleva acabo haciendo una observación a las cosechas, en la cual, mediante la observación si se divisa en un tramo se encuentra blanquecino, se le debería de dar tratamiento a esa tierra para usarla , sin embargo , indica y pone como ejemplo a los “canteros”, que procesan con abonos, estiércol para mezclar con la tierra y darle vida a dicha tierra debido a que la misma se encuentra muerta y es inútil su uso.

## **4. ¿Qué clase de cultivo tiene en sus plantaciones, de acuerdo con el consumo de agua?**

Según (Parrales, 2021) indica que las plantaciones que cultiva son de ciclo corto. Por ejemplo, cita que el pimiento necesita al menos 2 litros de agua al día; el pepino, el melón, la sandía y el maíz necesitan alrededor de 1.5 litros de agua al día. Sin embargo, indica que el cultivo con más consumo de agua es el del zapallo puesto que necesita alrededor de 3 a 4 litros de agua por día. Por último, habla un poco de la siembra del haba en la que su consumo es de muy poca agua, solo que hay que tener precaución de no regar agua en sus hojas puesto que se estropearía, solo es necesario aplicarle en la raíz para su correcto crecimiento.

## **5. ¿Sí hablamos de fertilizantes e insecticidas, tendría que ver mucho el agua y la importancia de la calidad del agua?**

Según (Parrales, 2021) indica que si el agua no tiene nada de pH o simplemente se encuentra sucia esta no sirve para fumigar o rociar a las plantas, ya que como él mismo cita quemaría sus hojas y flores. Sin embargo, para solventar dichos problemas utilizan líquidos de pH, pero lo hacen en base al tanteo puesto que no tiene un comprobador que lo ayuden en dicha tarea, pero si tuviera al menos un prototipo que sería de mucha ayuda en su día a día.

## **6. ¿El clima de la zona ayuda mucho para su cosecha?**

Según (Parrales, 2021) indica que posiblemente no, ya que por ejemplo para el melón, este tiene que estar en un clima cálido cuando llega el verano debido a que en el invierno absolutamente nadie cosecha en esa época. También Parrales expone que, si se trata del sol, este tampoco ayuda si hay un cambio de clima, debido a que el calor de la tierra y el calor que viene procedente de arriba tostarían a la planta.

#### **7. ¿El agua del río ayuda mucho para tener una buena productividad?**

Según (Parrales, 2021) indica que casi no sería del río, puesto que el agua proviene del pin, es decir una especie de piscina de donde llegan aguas superficiales, desperdicios del río, y solo esta agua sirve para mantener la humedad de la tierra para la planta, sin embargo, siempre se tendrá que hacer un examen del agua para comprobar que cantidad de pH necesita.

#### **8. ¿Qué debe hacer uno para tener una buena cosecha? ¿Debe considerar la importancia de la tierra, el agua y el clima?**

Según (Parrales, 2021) indica que son tres cosas esenciales, la primera es el examen a la tierra para constatar de cuantos minerales requiere; lo segundo es el agua para comprobar en qué condiciones se encuentra, si es apta y no daña a las raíces, y como último el clima para el correcto crecimiento de la planta.

#### **9. ¿Si, hablamos costo de producción, el precio de venta?**

Según (Parrales, 2021) indica que un saco de pimiento por la época en la que se encuentra el país está a 8 dólares, pero por lo general se mantiene a un precio de entre 4 a 5 dólares. También indica que el precio varía, puesto que si es para la venta en el pueblo su precio sería alrededor de 10 dólares, pero las personas que vienen a comprarlo en el cultivo el precio es de 4 dólares.

#### **10. ¿Usted estaría de acuerdo que implementara un sistema control de medición del agua de pH, para sus cultivos?**

Según (Parrales, 2021) indica que efectivamente le gustaría tener un sistema que lo ayude con los parámetros de la calidad del agua, pero también tendría que ver el costo de este ya que no quiere invertir en algo costoso por la situación actual en la que estamos viviendo.



*Figura 21. Evidencia de la entrevista realizada. Elaborado por el autor*

### **1.11.2. Método de Campo**



*Figura 22. Condiciones del Río Ancón, Visita de campo, Elaborado por el autor.*

Mediante el uso de la investigación de campo se recopilamos datos de las fuentes principales del problema a tratar, en donde se interactuó con las personas del entorno natural del objeto de estudio. Por lo tanto, para conocer la situación actual en la que se encuentran las condiciones de río Ancón se realizó una visita técnica a las instalaciones de riego para observar el proceso que llevan a cabo para el cultivo de alimentos.

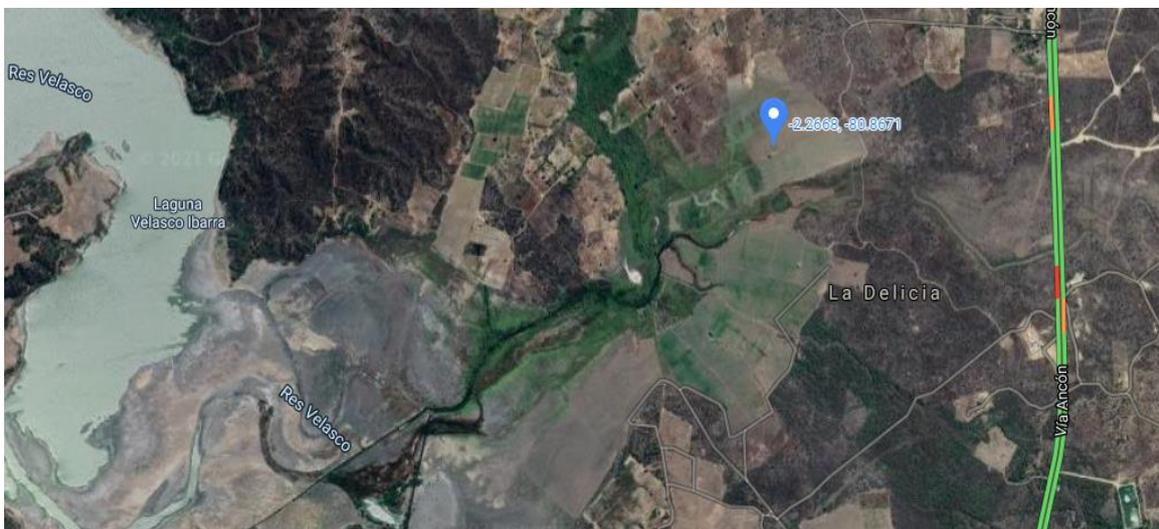
Como se muestra en la figura 22 se puede observar que el área consta con mucha maleza a su alrededor, provocando que al lugar lleguen un sin número de insectos, los cuales traen consigo bacterias o virus deteriorando así el agua del río; también se visualizó que el agua está en muy malas condiciones puesto que no tiene transparencia; además que se perciben muy malos olores en el lugar.

### 1.11.3. Descripción de la zona de estudio

#### 1.11.3.1. Ubicación Geográfica

La investigación se realizó en la comuna de Ancón, ubicado en la Provincia Santa Elena, localizado en Vía Ancón entre las coordenadas 2.265631268014186, -80.86703680575788.

La filtración del agua proviene de la laguna de Velasco Ibarra, conectados con canales principales, secundarios y reservorios.



**Figura 23.** Ubicación del sistema de riego Comuna Ancón

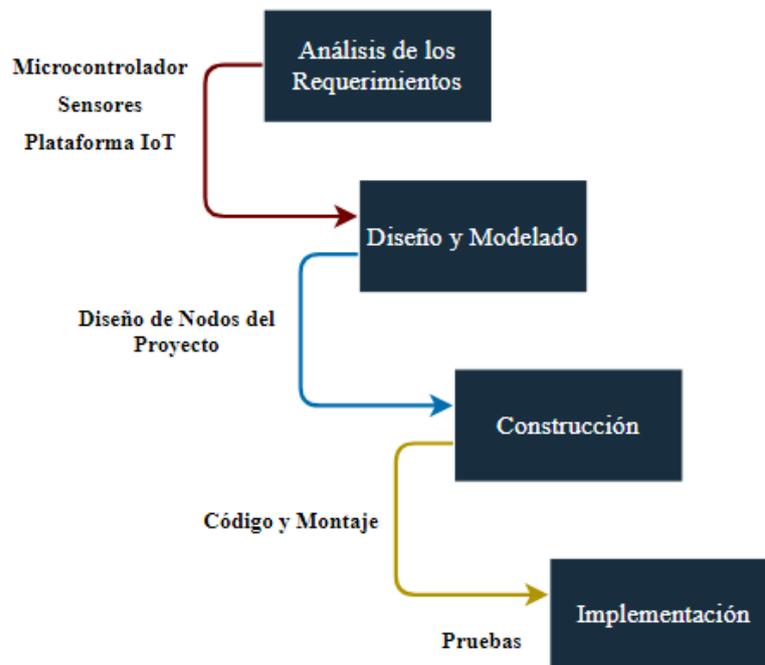
#### 1.11.3.2. Método de Recolección de Agua o Riego

Para instalar un sistema de riego por goteo se debe verificar, la distancia que se encuentra el río de esta manera se usa bombas de agua agrícola, por su diseño de impulsar el agua desde distintas profundidades a grandes distancias, en la actualidad esta herramienta es indispensable para la producción.

Una vez que la bomba de agua está operando aproximadamente 25 litros de agua, se dirigen a los nodos principales que realizan presión para, así mismo, al momento de instalar riego por goteo (tubería con agujeros), también sirve para administrar fertilizantes y insecticidas de esta manera el riego ayuda al agricultor.

## 1.12. Desarrollo de la Propuesta

En esta sección se describirán las diferentes fases que se llevaron a cabo para el desarrollo del prototipo, en donde, se realizará un pequeño modelo en cascada que es comúnmente usado para el desarrollo de algún sistema de información; debido a que este, se adapta adecuadamente en el desarrollo del prototipo. El modelo en cascada usado en el presente proyecto se describe a continuación en la siguiente figura:



*Figura 24. Modelo en Cascada del Proyecto. Elaborado por el autor.*

### 1.12.1. Análisis de los Requerimientos

En esta sección se realizará un análisis y evaluación previa, tanto del hardware (Tarjetas microcontroladoras y múltiples sensores) como del software (Plataforma IoT); con la finalidad de conocer todas sus características disponibles que puedan aportar un correcto funcionamiento y desarrollo del prototipo de monitoreo de la calidad del agua.

#### 1.12.1.1. Evaluación de la Tarjeta Microcontroladora

Para la fabricación del prototipo se decidió trabajar con la tarjeta de desarrollo ESP32 que es diseñado por la compañía china Espressif. Esta placa será la base que administre todos los componentes de este proyecto. A pesar de su pequeño tamaño y sencillez en comparación a otros tipos más sofisticados de tarjetas de desarrollo como una raspberry pi o modelos más complejos de placas Arduino; se adapta a distintos entornos de programación como Micro Python y del mismo entorno de desarrollo con Arduino. Además, en la actualidad es muy destacado en proyectos de aplicaciones IoT debido a su amplio uso y

facilidad para crear aplicativos webs que funcionen de forma local o de forma externa a través de una conexión a internet para enviar datos a plataformas de la nube.

**Tabla 1.** *Comparación de tarjetas desarrolladoras*

Nombre	Arduino Uno	Raspberry Pi 3	ESP32
Precio	10	70	13
Voltaje de Al.	3.3 – 12V	5V	5V
Corriente	40mA	30mA	80 mA
CPU / Microcontrolador	Atmega328	BCM2837 ARMv8	Tensilica Dual-Core 32- bit
Wifi	No	Si	Si
WLAN	No	2.4GHz b/g/n/ac	2.4GHz b/g/n
Modos Wifi	No	PA	Estación/PA/Estación+PA
Protocolos de Red	No	IPv4, IPv6, TCP, UDP, MQTT	IPv4, IPv6, SSL, TCP, UDP, HTTP, FTP, MQTT
GPIO	20	26	36
Pines ADC	6	0	16 de 12 bit
Pines DAC	14	No	2 de 8bit
Frecuencia de Reloj	8 o16 MHz	1,5 GHz	240 MHZ
Requiere S.O	No	Si	No

#### ***1.12.1.2. Evaluación del sensor de pH***

El módulo sensor de pH como su nombre lo indica, sirve para medir la concentración de iones de hidrógeno existentes en el agua mediante valores que van del 0 al 14, en donde, un valor de 7 se considera neutro, menores a este valor se las denomina ácidas y superior a este se las denomina alcalinas. Por consiguiente, el módulo de pH que se utilizó se denomina ***PH-4502C***, siendo un sensor que consta de un solo cilindro, permitiendo la conexión directa a un electrodo para una medición instantánea y precisa del líquido al que este sumergido el mismo.

Dicho sensor tiene una conexión muy sencilla funcional 5V, tierra y una salida analógica de tensión con un tiempo de repuesta menor a 5 segundos, haciéndolo muy rápido en la toma de mediciones y puede detectar estos valores en temperaturas que van desde los 0 grados hasta los 80 grados centígrados que son suficientes para integrarlo en el dispositivo.



*Figura 25. Sensor de PH-4502C. Información tomada de amazon.com. Elaborado por el autor*

### ***1.12.1.3. Evaluación del sensor de Temperatura***

Para medir la temperatura del agua es necesario utilizar un sensor que sea sumergible, es decir, que sea impermeable, en donde el único que se adapta a este requerimiento es el sensor ***DS18B20*** que tiene forma de sonda haciéndolo de muy fácil manejo para sumergirlo en líquidos. Además, consta con sólo tres conexiones para que este funcione, su fuente de alimentación siendo de 3v a 5V, su entrada a tierra y por consiguiente su salida analógica que puede ser procesado por cualquier microcontrolador puesto que el fabricante otorga una librería que realiza la respectiva conversión de tensión que es detectada por el sensor a valores de grados Centígrados o grados Fahrenheit acorde a su necesidad.



*Figura 26. Sensor de Temperatura DS18B20. Información obtenida de makeradvisor.com. Elaborado por el autor.*

### ***1.12.1.4. Evaluación del Sensor de Turbidez***

Para la medición de la turbidez de agua se utilizará el sensor de turbidez YXB264, que permite detectar la cantidad de partículas que se encuentra en suspensión midiendo la dispersión de luz que se encuentra en dicho líquido enviando los datos a través de una salida analógica. Consta con un rango de detección entre 0% y 3.5% es decir valores que van de

0 a 4550 NTU, siendo dichas siglas las Unidades Nefelométricas de turbidez; también tiene un margen de error de  $\pm 0.5\%$ .

El sensor consta de dos modos de operación, el primero para señales digitales y el segundo para señales analógicas. El modo digital es más usado para aplicaciones que requieren que el sensor mande una señal en cuanto pase un umbral ya configurado para mandar una alerta sea en forma de mensaje (visual como no visual).

El modo de operación analógico es el que se encarga principalmente en realizar el cálculo de la turbidez de agua a partir del nivel de voltaje generado por líquido al cual el sensor se encuentra efectuando la medición, en donde dicho valor será leído por un microcontrolador que realizara la adquisición de datos para realizar la conversión analógico digital de los valores que está recibiendo el sensor y luego procesarlos dando como resultado el nivel de turbidez al que se encuentra el líquido.



*Figura 27. Sensor de Turbidez YXB264. Información obtenida de bigtronica.com, Elaborado por el autor.*

#### ***1.12.1.5. Análisis y Evaluación de la Plataforma IoT***

La plataforma de internet de las cosas que se utilizará para el desarrollo del prototipo es Ubidots, puesto que a pesar de ser similares a muchas que se encuentran en el mercado, esta consta con una documentación muy fácil e intuitiva de usar; además, que permite a los usuarios crear de manera muy rápida prototipos que pueden ser llevados a producción.

Ubidots ofrece un apartado denominado dashboard que permite visualizar toda la data de sensores o cualquier dispositivo que esté conectado a este entorno mediante widgets que acorde a las necesidades del usuario pueden ser cambiados y configurados de manera sencilla. Ubidots permite supervisar y controlar remotamente todos los proyectos que tenga

a disposición el usuario mediante un aplicativo web, donde puede ser accedido en cualquier dispositivo que conste con un navegador web; además consta de un apartado denominado eventos el cual permite la integración de múltiples servicios para la generación de notificaciones, tales como: mensaje de email, mensaje de SMS, mensaje por telegram, llamado por voz entre otras.

En la siguiente tabla se muestra a modo de resumen la comparación de la ventaja que ofrece Ubidots ante dos plataformas de IoT que se consideraron para el desarrollo del prototipo y del porque se optó por la utilización de esta.

**Tabla 2.** *Comparación de plataformas IoT.*

<b>Plataformas IoT</b>	<b>Visualización rápida de datos</b>	<b>Entorno de Ejecución</b>	<b>Límite de cómputo de datos</b>	<b>Almacenamiento de bases de datos</b>	<b>Notificaciones fáciles y variadas de integrar</b>
Cayenne			50 cada 10 minutos por ip		
MyDevices	✓	Internet	60 mensajes por minuto por ip	✓	
Node Red	✓	Ejecución en un servidor	A la capacidad del servidor	✓	
Ubidots	✓	Internet	30.000 datos por día	✓	✓

### 1.12.2. Diseño y Modelado

Para establecer los nodos o módulos para el funcionamiento del dispositivo se estableció primero que el dispositivo deberá constar con lo siguiente:

- Mostrar mediante indicadores led si el dispositivo se encuentra o no conectado a la red.
- Permitir al usuario de manera sencilla conexión a cualquier punto de Wifi que él desee.
- Si el dispositivo se encuentra con una conexión de internet; censar los sensores y mostrar los datos en la plataforma de IoT de Ubidots.
- Si consta de internet integrar una alerta por notificación establecida por el usuario; sea esta de tipo mensaje de texto por SMS, mensaje vía Telegram o mensaje de correo electrónico cuándo el valor del pH se encuentre fuera de los límites establecidos.

- Si el dispositivo no se encuentra con una conexión a internet; censar los sensores y mostrar los datos en un sencillo dashboard mediante un servidor local.

Tomando todos estos requerimientos se define cuatro módulos los cuales son: configuración, sensor, administrador y publicador tal y como se muestra en la siguiente figura a continuación:



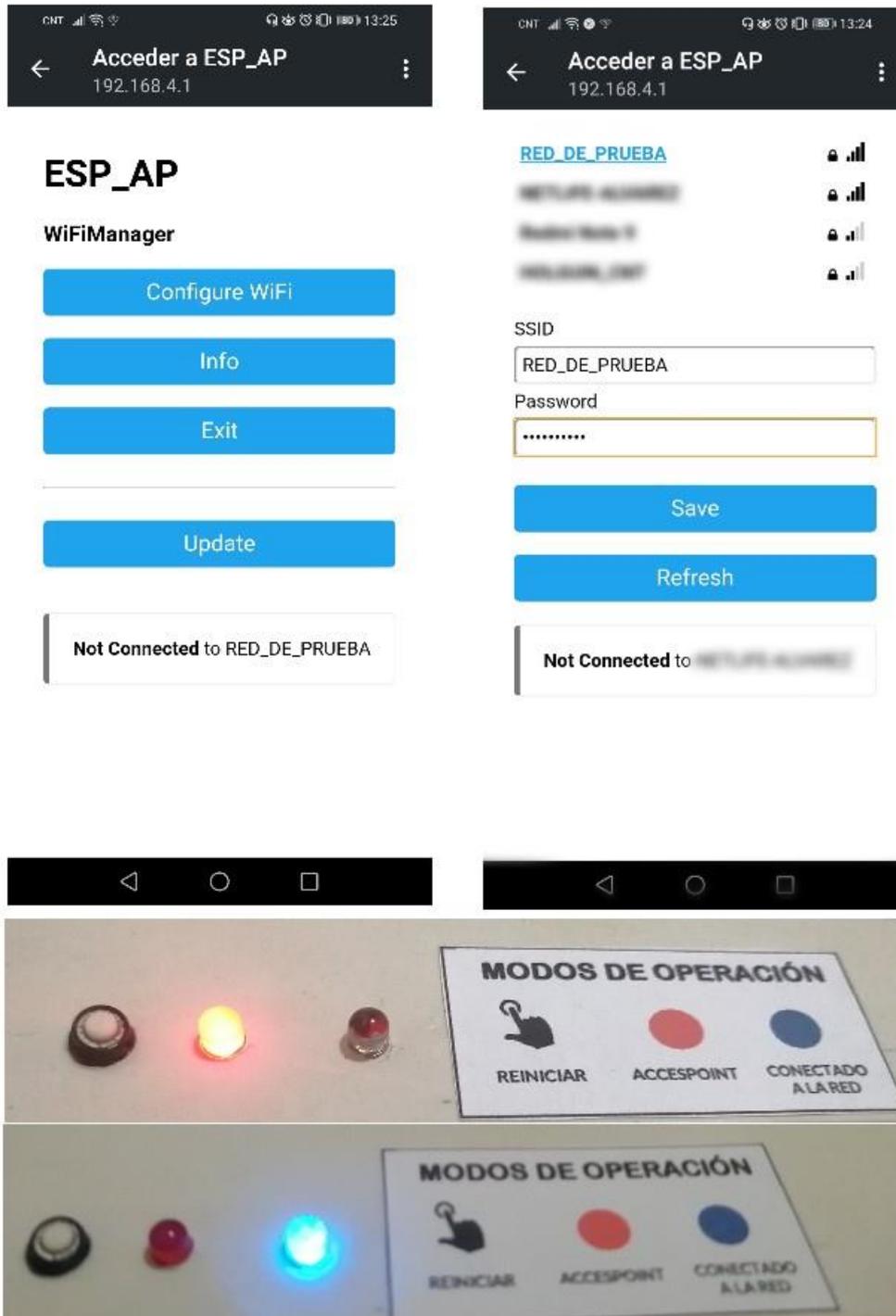
*Figura 28. Módulos empleados para el desarrollo del prototipo.*

#### **1.12.2.1. Módulo Configuración**

El módulo configuración será el encargado de permitirle al usuario de dotar la libertad de configurar los parámetros de la red Wifi de su lugar de trabajo. Su principal funcionamiento consiste en crear un punto de acceso (AP), en el cual, el usuario debe conectarse inmediatamente activando un portal cautivo en forma de ventana emergente que le mostrará una interfaz en donde el usuario deberá elegir la red correspondiente acorde a las mostradas en su pantalla para digitar las credenciales respectivas y realizar una conexión exitosa a dicha red.

Una forma de ayuda visual para que el usuario conozca si el dispositivo se encuentra o no configurado a una red Wifi fue la de colocar dos leds indicadores (azul y rojo). Si el primero de ellos (azul) se encuentra encendido significará que el dispositivo se encuentra en funcionamiento en la red deseada o una guardada anteriormente; por consiguiente, si el segundo (rojo) se encuentra encendido corresponderá que no hay ninguna conexión a una red; por consiguiente, el usuario deberá realizar la configuración ya explicada anteriormente.

En la siguiente figura se muestra la vista móvil del portal cautivo que realiza la configuración respectiva de la red wifi en conjunto con los indicadores leds.



*Figura 29. Portal cautivo e indicadores leds del módulo de configuración.*

### **1.12.2.2. Módulo Sensor**

El módulo sensor consta de tres tipos diferentes de sensores para medir la calidad del agua, los cuales se describen en la siguiente tabla a continuación.

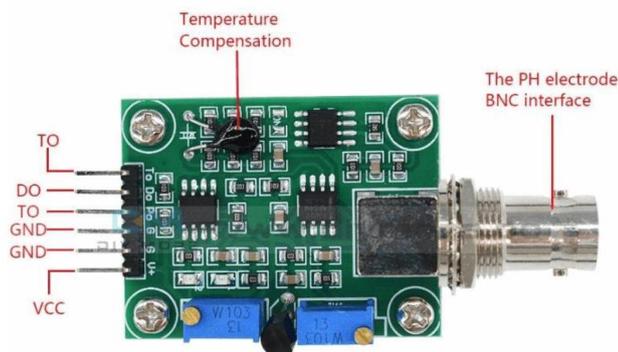
**Tabla 3.** *Características técnicas de los sensores utilizados para medir la calidad del agua.*

Tipo de Sensor	Nombre del Sensor	Rango de Medición	Voltaje de Operación
 <i>pH</i>	PH-4502C	0 ~ 14 (ácido /base)	3.3V a 5.5V
 <i>temperatura</i>	DS18B20	(-55°C a 125°C)	3.0V a 5.5V
 <i>turbidez</i>	YXB264	0% a -3.5% (0-4550 NTU)	3.0V a 5.5V

El único sensor al que se debe tener en cuenta antes de utilizarlo es el sensor de pH, puesto que se debe calibrarlo para realizar unas correctas mediciones.

#### 1.12.2.2.1. Calibración del sensor PH-4502C

Para tener un correcto funcionamiento del sensor de pH es necesario calibrarlo; es por esta razón que en su placa existen dos pequeños potenciómetros cerca del conector BNC, el que se sitúa más cerca del conector es el que controla la regulación de la compensación, por consiguiente, el último es el que regula el límite del pH.

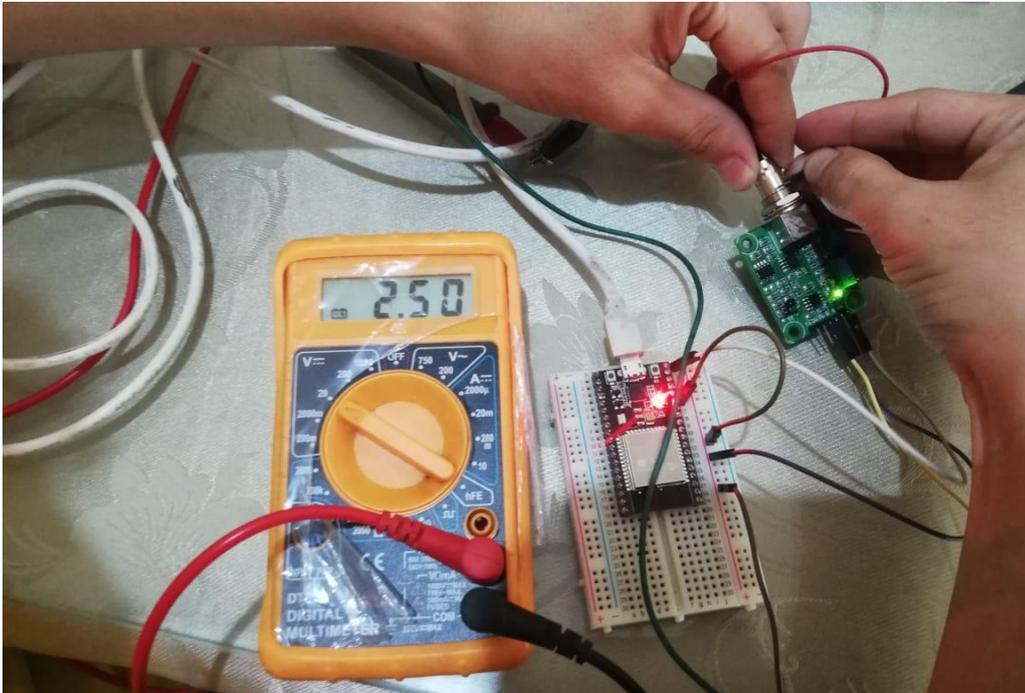


**Figura 30.** Componentes del sensor de pH-4502C

Para realizar una calibración de manera muy práctica, habrá que forzar al sensor de pH a medir un valor de 7pH desconectando la sonda del circuito para luego cortocircuitar el

interior del conector con su parte metálica. Luego de ello, se tendrá que energizar la placa y conectar el pin Po a un extremo de un multímetro y el otro debe estar conectado a tierra.

La medida que debería mostrarse en el multímetro debería de ser un valor de 2,50 voltios, si no es el caso, se debe ajustar el primer potenciómetro hasta llegar al valor deseado tal y como se muestra en la siguiente imagen:

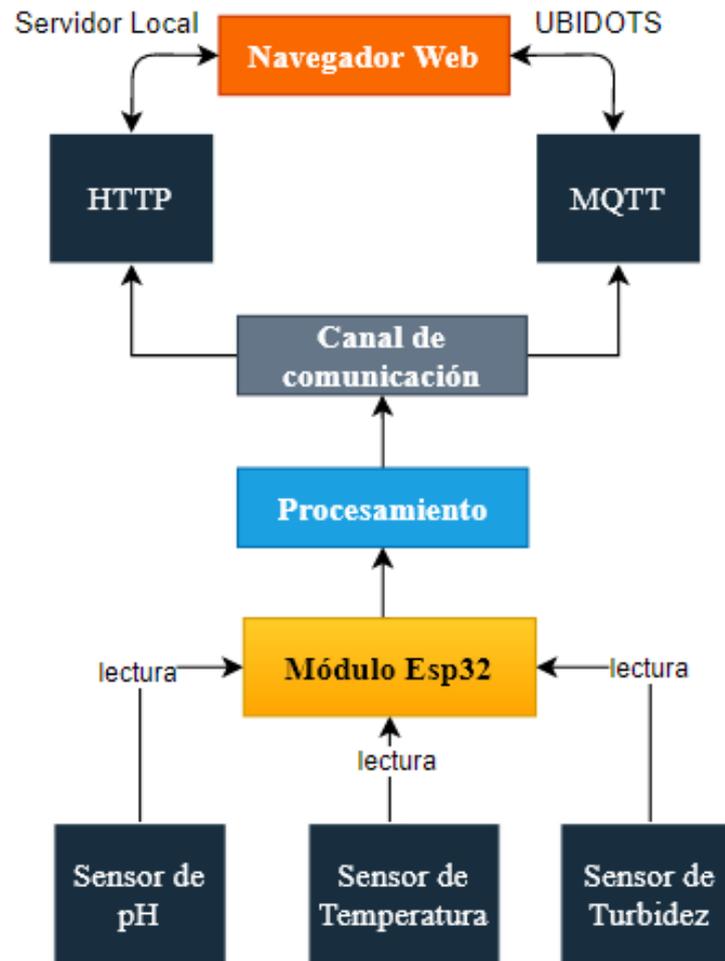


*Figura 31. Calibración del Sensor de pH-4502C.*

### ***1.12.2.3. Módulo Administrador***

El módulo administrador o modulo central conformado por la tarjeta de desarrollo ESP32, será el encargado de tomar las lecturas de los sensores de pH, temperatura y turbidez por medio de sus entradas analógicas; una vez leídas, estas entrarán a una etapa de procesamiento.

Una vez pasada la etapa de procesamiento, la ESP32 efectuará un canal de comunicación que está definido por dos protocolos de comunicación; el primero consiste en un protocolo HTTP, encargado de enviar los datos a un servidor local, el segundo, sin embargo, utilizará el protocolo de comunicación MQTT que enviará los datos al servidor iCloud UBIDOTS de manera instantánea para ser visualizados por el usuario en un navegador web.

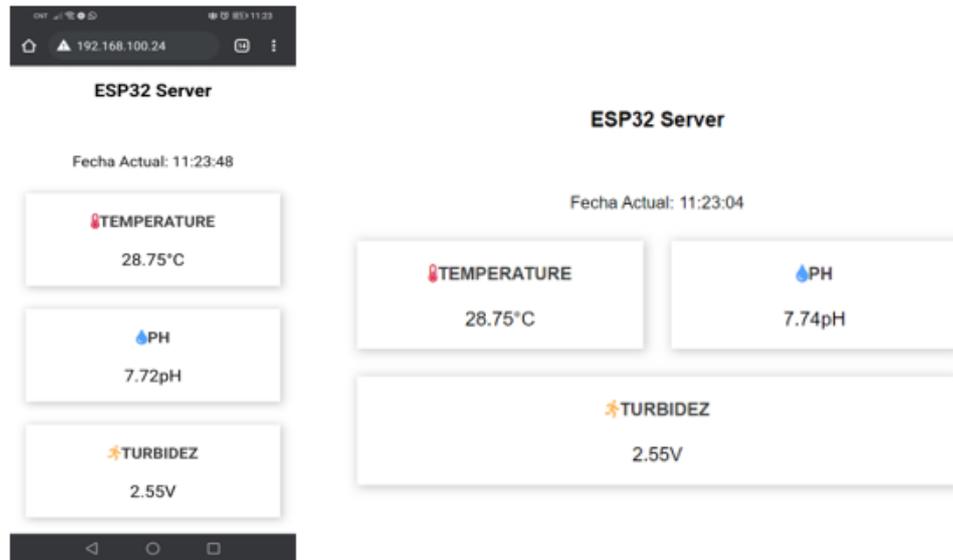


*Figura 32. Módulo Administrador utilizado en el proyecto.*

#### **1.12.2.4. Módulo Publicador**

El módulo publicador será en encargado de mostrar los valores de los sensores en una interfaz web agradable para el usuario. Como ya se mencionó anteriormente, dependerá de la conexión del usuario como se mostrarán los datos; puesto que, si no llegase a tener una conexión a internet el dispositivo levante un pequeño servidor local para mostrar la toma de los datos de los sensores.

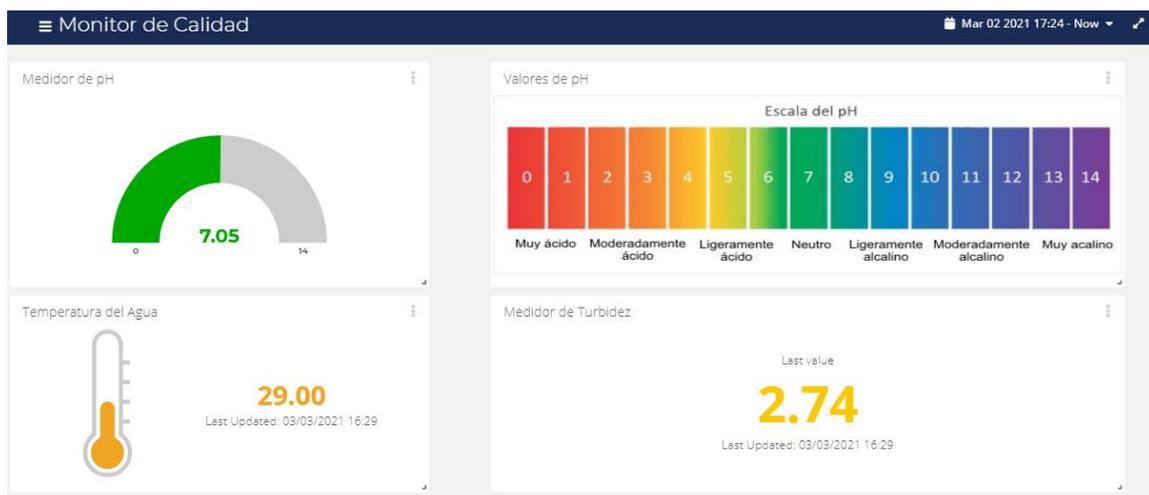
La interfaz se la estructuró y se le dio los estilos mediante código HTML y CSS respectivamente; por consiguiente, para proyectar los datos de la tarjeta al servidor HTTP se utilizó código JavaScript. Cabe mencionar que la interfaz mostrada en la figura 32 es sencilla y no tiene tantas herramientas como lo tiene la plataforma IoT de Ubidots, debido a que se consideró tener un respaldo por si el usuario tiene problemas con su servicio de internet; además, dicha interfaz es adaptable tanto para teléfonos móviles, tabletas y Pc's.



**Figura 33.** Versión móvil y de escritorio del servidor local.

Si el usuario consta de una conexión a internet, este podrá acceder a los datos dirigiéndose a la plataforma de Ubidots en la cual, ingresará mediante su usuario y contraseña en la plataforma. Automáticamente lo dirigirá a la sección de dashboard; en donde, podrá visualizar de manera muy agradable los datos tomados de los sensores.

Ubidots le permite al usuario si así lo desea agregar más funcionalidades, por dar un ejemplo colocar gráficos estadísticos para comparar los datos con valores de días anteriores; además, permite desde la sección de Data generar reportes en formato PDF o en Excel de acuerdo a la fecha selecciona.

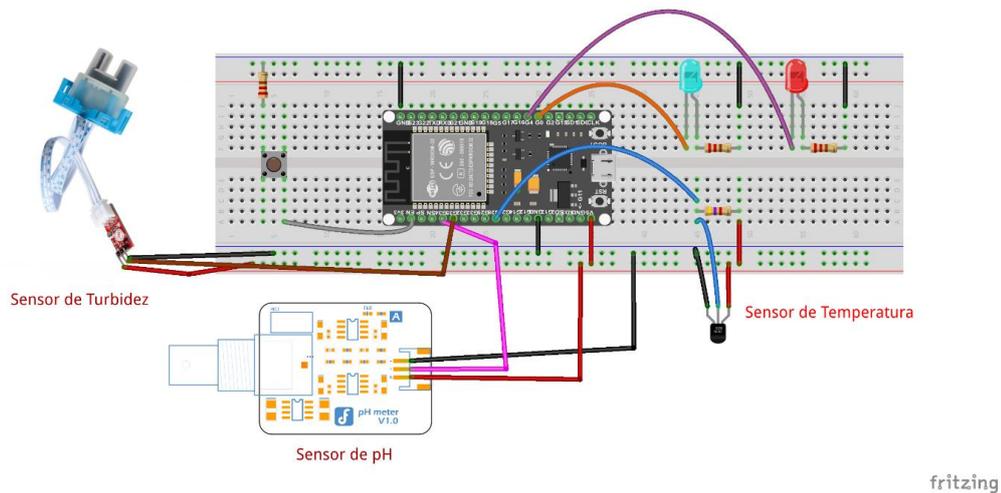


**Figura 34.** Visualización de los datos en la plataforma de Ubidots

### 1.12.3. Construcción

#### 1.12.3.1. Esquemático del proyecto

Se realizó un esquemático de todos los componentes que estarán conectados en la placa desarrolladora ESP32 para este sirva de guía en las conexiones al momento de realizar el montaje sin el riesgo de cometer errores. El diseño del esquema se realizó en el programa de simulación Fritzing y se muestra a continuación en la siguiente figura.



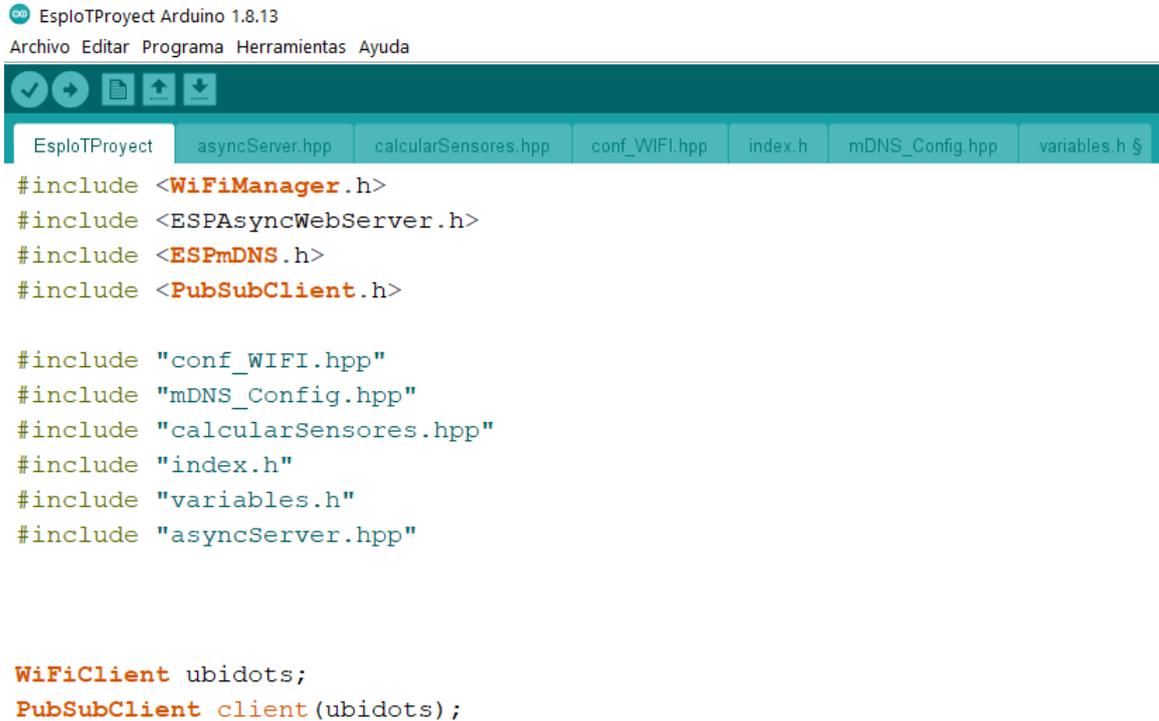
*Figura 35. Esquemático del proyecto en Fritzing.*

#### 1.12.3.2. Código

El código necesario para la configuración de la red, adquisición, procesamiento y transmisión de los datos se desarrolló en el software de Arduino IDE. Para una mejor comprensión y desarrollo del código se lo ha dividido en varios archivos que serán llamados como librerías al archivo principal; esto se hace para evitar confusiones y tener un código mejor organizado, puesto que ayuda a optimizar errores y hallarlos de manera más rápida o simplemente modificar cierto fragmento sin dañar otras secciones que funcionan correctamente.

El archivo principal es llamado “EspIoTProyect.ino” el cuál hace un llamado primeramente a las librerías necesarias que permitan manipular y configurar con el servidor local (WifiManager, ESPAsyncWebServer, ESPmDNS), como segundo hace un llamado a la librería “PubSubClient” que es la encargada de realizar la conexión y las peticiones al servidor de Ubidots y por último, realiza un llamado de los archivos que contienen el código para que la tarjeta actúe como punto de acceso para la configuración del wifi (conf\_WIFI.hpp), para el levantar el servidor de HTTP en caso de que el usuario no conste de conexión a internet (index.h, asyncServer.hpp, mDNS\_Config.hpp) y como último hace un llamado a dos archivos (calcular\_Sensores.hpp y variables.h) que son los responsables

de realizar el procesamiento de las lecturas de los sensores y el guardado de esos datos para ser enviados a los protocolos de comunicación ya establecidos.



```

EsploTProject  asyncServer.hpp  calcularSensores.hpp  conf_WIFI.hpp  index.h  mDNS_Config.hpp  variables.h §
#include <WiFiManager.h>
#include <ESPAsyncWebServer.h>
#include <ESPmDNS.h>
#include <PubSubClient.h>

#include "conf_WIFI.hpp"
#include "mDNS_Config.hpp"
#include "calcularSensores.hpp"
#include "index.h"
#include "variables.h"
#include "asyncServer.hpp"

WiFiClient ubidots;
PubSubClient client(ubidots);

```

**Figura 36.** Código utilizado para la configuración, procesamiento y lecturas de los sensores.

### 1.12.3.3. Montaje de los componentes

Con base al esquemático de la figura 33 se procedió a realizar una shield (base) artesanal que va a contener la placa de desarrollo ESP32 con todas las conexiones necesarias de los sensores de una forma muy práctica y sencilla. Se destaca que para realizar estas conexiones; tanto al sensor de temperatura y turbidez se le acopló un conector Jack macho de 3.5mm a cada uno de ellos para facilitar su uso, puesto que los mismo podrán adherirse a un conector Jack hembra estéreo de 3.5mm que sobresale en el montaje de la caja que contiene el prototipo.

Además, se le agregó una funcionalidad con un botón que permite reiniciar la placa de desarrollo o simplemente cambiar al modo de Access Point si el usuario requiere conectarse a una nueva red.

En la siguiente figura se muestra el montaje de cada uno de los componentes dentro de su caja de proyectos.



Figura 37. Montaje de los componentes en su caja de proyectos.

#### 1.12.4. Pruebas e Implementación del Prototipo

En la presente sección se mostrará el proceso de pruebas que se realizaron para sustentar el funcionamiento del prototipo.

##### 1.12.4.1. Verificación del Funcionamiento del Sensor de pH

Uno de los sensores de suma importancia en el presente proyecto es el sensor de pH, es por eso que antes implementarlo en el proyecto se lo someterá a tres mediciones, puesto que serán de base para corroborar si el sensor se encuentra en correcto funcionamiento.

Las mediciones consistirán en obtener valores similares o iguales en base a la figura 37, de pequeñas muestras de jugo de limón, café y agua del grifo, estos valores deberán dar medidas de 2, 5 y 7 respectivamente en las mediciones que realice el sensor de pH.

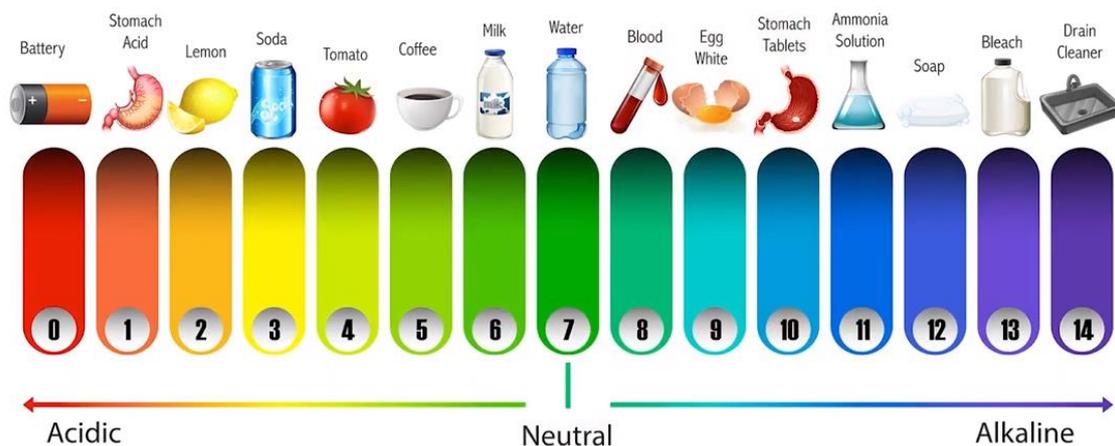


Figura 38. Base de valores de pH para las pruebas del sensor.

Se procedió a colocar en un pequeño recipiente un poco cantidad de los líquidos ya descrito anteriormente y se constató que los valores se encontraban dentro de los mostrados en la figura número 37 y los mismos son descritos a continuación y mostrados en la figura 39.

- Al medir jugo puro de limón el valor que percibe el sensor de pH es de 2,06
- Al medir café disuelto en agua, el valor que percibe el sensor de pH es de 4,54
- Al medir agua del grifo, el valor que percibe el sensor de pH es de 7,34

A continuación, en las siguientes figuras se muestran los valores que tomó el sensor de pH ante las pruebas realizadas:



**Figura 39.** Líquidos de pruebas para el medidor de pH.



**Figura 40.** Mediciones de líquidos para comprobar el sensor de pH.

#### **1.12.4.2. Implementación del Prototipo**

Las pruebas para la implementación del prototipo se efectuaron tomando muestras del agua procedente del río Ancón. Se escogieron pequeñas muestras del agua y no se realizaron mediciones directamente del río puesto que es muy difícil acceder a él directamente; sin

embargo, los agricultores de la zona utilizan bombas de agua para tener presión en las tuberías y así utilizarla para el riego de los cultivos.

En la siguiente figura se muestra el proceso que utilizan los agricultores para acceder al agua del río.



**Figura 41.** Bomba usada por los agricultores para proveerse de agua.

Una vez que la bomba de agua esté operando, se procedió a abrir una llave principal y así vaciar una pequeña cantidad en un envase de vidrio para una mejor visualización. El agua tiene un color verdoso claro (común de ver en los ríos) y se muestra a continuación con los sensores colocados en el envase de vidrio para la toma de medidas de la calidad del agua.



**Figura 42.** Frasco de vidrio lleno de agua del río con los sensores.

A continuación, se muestran los resultados de los sensores:



**Figura 43.** Medida del sensor de pH del agua del río



**Figura 44.** Medición de la Temperatura y Turbidez del agua del río

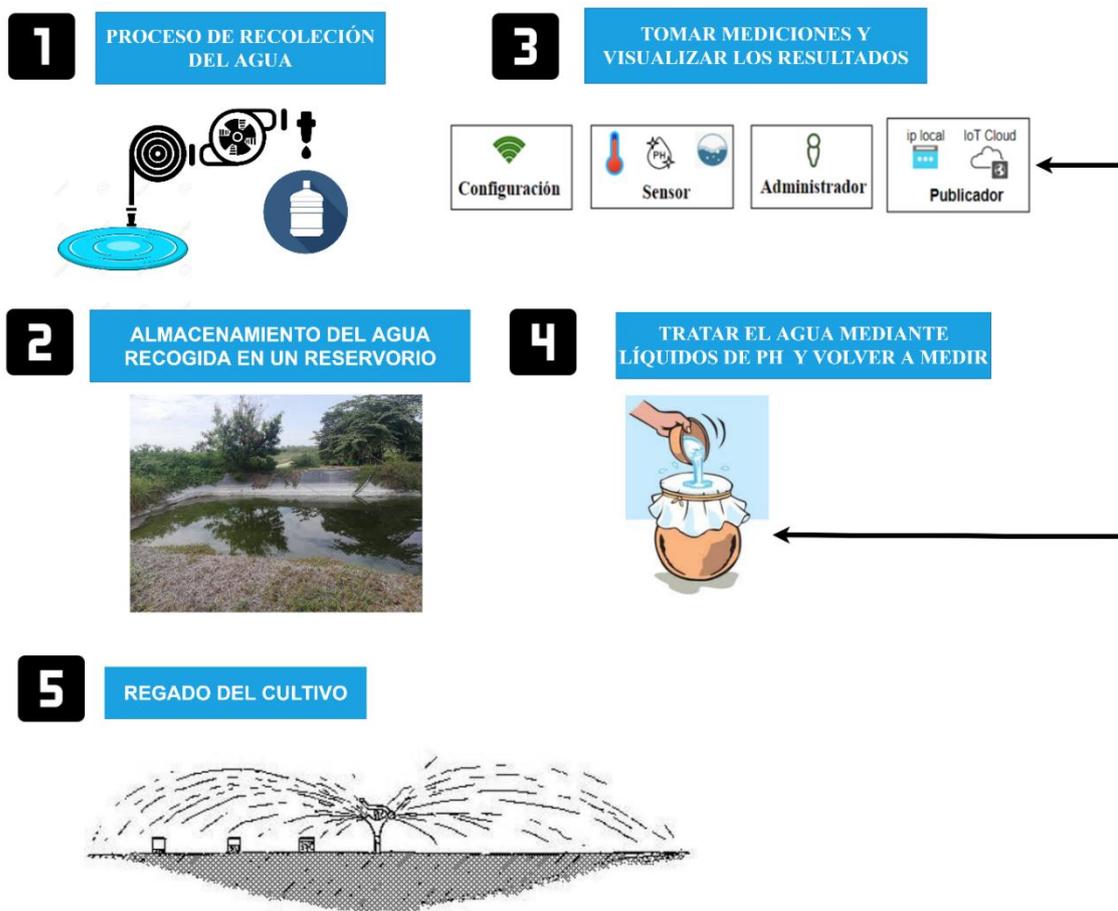
Como se puede apreciar en la figura 42 y 43 los resultados obtenidos en la medición indican que el agua que se encuentra en el río tiene un pH de 6.75 a una temperatura de 29.44 y su nivel de turbidez se encuentra en un nivel de 2.60; indicando este último que el

color del agua se encuentra en parámetros aceptables, ya que se encuentra entre el rango de 2.5 a 3 voltios con respecto al nivel que capta el sensor.

Para el roció de las plantas, es importante que el nivel de pH se encuentra en una franja entre 5 y 6 para un excelente crecimiento y productividad; pero en base a los resultados el nivel se encuentra por encima de dichos valores; por tal razón es necesario tratar esta agua mediante líquidos o polvos que contengan el pH de ser necesario antes de rociar las plantas.

### 1.13. Escenario real integrado del uso del dispositivo

En este apartado se describe el escenario real en la cual el dispositivo será integrado para realizar las mediciones.



**Figura 45.** Esquemático real en la implementación del dispositivo

En base a la figura anterior se explicará al detalle el flujo de trabajo para implementar el prototipo.

1. Se realiza el proceso de recolección mediante una bomba de agua, la cual absorberá el líquido en diferentes recipientes.

2. Una vez recogida el agua en los recipientes, estos serán trasladados a un reservorio de agua en la que pueda suministrar una gran cantidad de ella para el rocío de las plantas.

3. Se procederá a implementar el dispositivo en el reservorio, por lo cual, el usuario deberá de seguir el manual para su uso (véase el anexo 1) y luego tomar una decisión en base a los resultados obtenidos.

4. Si calidad del agua no es la idónea, se procederá a tratarla mediante líquidos o polvos de pH especializados para dicha tarea. Se debe tener en funcionamiento el dispositivo y visualizar los datos hasta que el usuario obtenga el nivel de calidad que requiere para su cultivo.

5. Una vez el agua ha sido tratada se procede mediante bombas a rociar el agua del estanque hacia los nodos en los que se encuentra el cultivo.

#### **1.14. Conclusiones**

El presente trabajo de titulación muestra el diseño, construcción y operatividad de un prototipo para monitorear parámetros de la calidad del agua (temperatura, turbidez y niveles de pH) del río Ancón que es utilizada para el riego de cultivo. Las principales características de este proyecto es que fue construido con materiales de bajo costo, tiene un fácil manejo y visualización de los datos, además de consumir muy poca energía para ponerlo en funcionamiento.

El prototipo propuesto puede ser utilizado en cualquier lugar donde exista cobertura de red debido a que el protocolo de comunicación usado MQTT es muy ligero e idóneo para la transmisión de datos a una plataforma de internet de las cosas (Ubidots) y poder visualizar los datos sin inconvenientes.

Debido a los problemas que puedan existir en conectividad de internet, se previno que el usuario no deje de monitorear sus datos si no consta o tiene inconvenientes con este servicio. La forma preventiva que se utilizó fue de construir un servidor local mediante el protocolo de comunicación HTTP y con tecnologías web (HTML, CSS y JS) para el desarrollo, maquetado su lógica respectivamente, en la que un dispositivo externo como un teléfono móvil que pueda actuar como router lo ponga en funcionamiento y así el usuario visualice los datos muy rápidamente.

Conforme a las mediciones efectuadas en el río se pudo conocer la calidad del agua en dicho sitio, y las mismas a pesar de que se encuentra en niveles medios, no son lo suficientemente óptimos para la productividad en los cultivos, debido que, los niveles de pH idóneos para los cultivos deben estar en un rango de 5 a 6 y el agua del río sobrepasa los 6.7 en pH.

Se dio a conocer los resultados de las mediciones a los agricultores para tomar una decisión que ayude a mejorar la productividad y destacaron que no pueden realizar un tratado al río porque no tienen un control sobre él, sin embargo, optan en la construcción de un reservorio que almacene gran cantidad de agua necesaria para abastecerse en sus cosechas y está agua almacena realizarle el debido tratamiento mediante líquidos de pH; también indican una vez tratada esta agua no solo les serviría en los cultivos, sino también en sus fertilizantes ya que es importante de que esta agua sea pura para que las plantas absorban los nutrientes necesarios para su crecimiento.

La puesta en marcha de este prototipo lo convierte en una gran alternativa a los agricultores de pequeños recursos que deseen contar con un dispositivo de bajo costo para medir los parámetros de la calidad del agua que utilizan en el riego de sus cultivos y por ende realizar el tratado respectivo de la misma para mejorar su productividad, debido a que no tienen ayuda de alguna entidad o asociación de agricultores en la zona que los ayude con estos temas.

### **1.15. Recomendaciones**

Se considera conocer más acerca de dispositivos que midan la calidad del agua para ver su funcionamiento y optar por mejoras que permitan captar mejor los valores de los sensores con el mínimo margen de error posible.

Se recomienda implementar un módulo que permita el acople de una batería que suministre 5 voltios para hacer que el dispositivo sea más cómodo para el usuario y no dependa de un cable USB para su funcionamiento.

Se considera investigar más a fondo sobre tecnologías de desarrollo web que puedan ser usadas en la placa de desarrollo ESP32 para lograr un mejor diseño y otorgarle más funcionalidades a la página del servidor local tales como: gráficos estadísticos, visualizaciones más dinámicas, descarga de los datos entre otras.

El presente trabajo de titulación brinda la posibilidad de seguir con investigaciones y proyectos que utilicen y desarrollen aplicaciones basadas en el internet de las cosas; debido a que manejan protocolos de comunicación como MQTT que son sencillos, rápidos y ágiles para la transmisión de los datos y la solución de problemas mediante el uso dispositivos de bajo costo.

# **ANEXOS**

## Anexo 1

### Manual de Usuario

Este pequeño manual tiene como finalidad de proveer al usuario una guía sencilla para el uso del dispositivo del monitoreo de calidad del agua.

#### Requerimientos técnicos

- Teléfono móvil, tableta o una computadora con un navegador web instalado
- Adaptador de 5 voltios para alimentar el dispositivo
- Alcohol y agua para para limpiar los sensores
- Puede constar o no con una conexión a internet

#### Modos de Operación

Aquí se describen los diferentes modos en los que opera el dispositivo, el cual, para facilitar su uso, se colocaron indicadores leds.



#### Access Point (Punto de Acceso) ●

Mediante este modo, usted podrá configurar su red Wifi de preferencia siguiendo los siguientes pasos:

##### ***1. Acceso al Sistema para su configuración***

El ingreso al sistema se realizará únicamente si visualiza que se encuentra el led rojo encendido; automáticamente la persona autorizada deberá mediante un dispositivo tecnológico (teléfono móvil, tableta o un pc) que cuente con wifi incluido habilitarlo y concertarse a la red que genera el aparato llamado **ESP\_AP**.

En las imágenes siguientes se explica a detalle el procedimiento para conectarse a la red:

**CONECTARSE A LA RED ESP\_AP**

1

No consta de contraseña. Puede conectarse directamente.



**ELEGIR LA RED Y CONECTARSE**

2

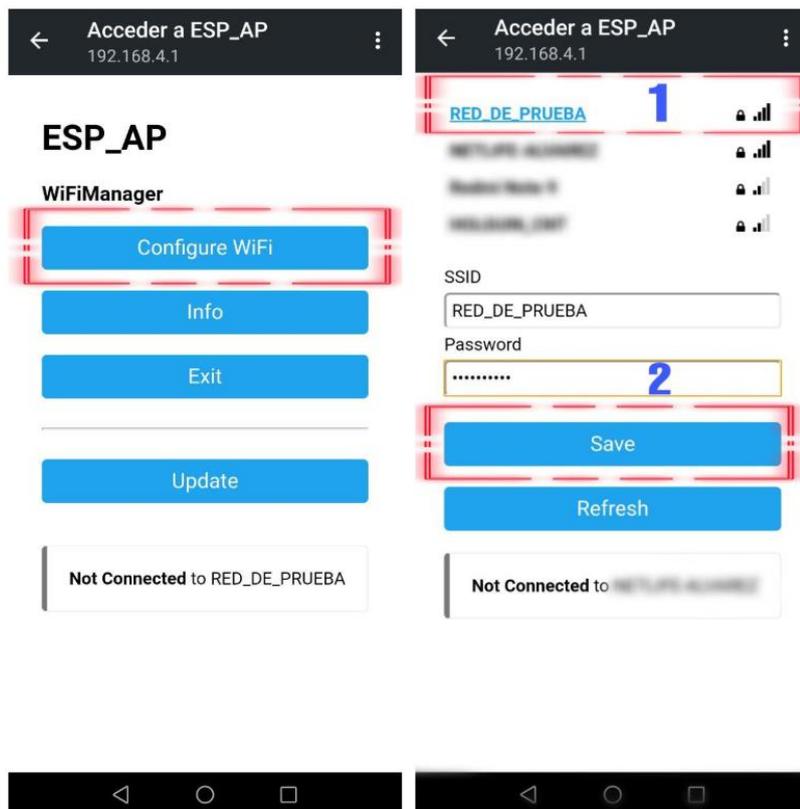
- Click en "Configure Wifi" para configurar la red Wifi deseada.

- Se mostraran las redes disponibles, elija su red y coloque su contraseña.

- Click en "Save" para guardar y conectarse a la red.

-Si todo salio bien, deberá visualizar el led azul encendido, caso contrario intente nuevamente a colocar correctamente su contraseña.

- Si no aparece su red de click en "Refresh" para que el dispositivo escanea nuevamente las redes.



**Conectado a la Red** ●

En este modo, el dispositivo de medición de la calidad del agua deberá constar con el led de color azul encendido, si realizo el procedimiento correcto en conectarse a su red wifi.

Cuando el dispositivo se encuentra en dicho punto, operará de acuerdo a la necesidad del usuario, es decir, si consta o no con una conexión a internet el usuario podrá visualizar los datos de los sensores ya sea en la plataforma llamada **Ubidots (con conexión a internet)** o mediante una sencilla **página web (sin conexión a internet)**.

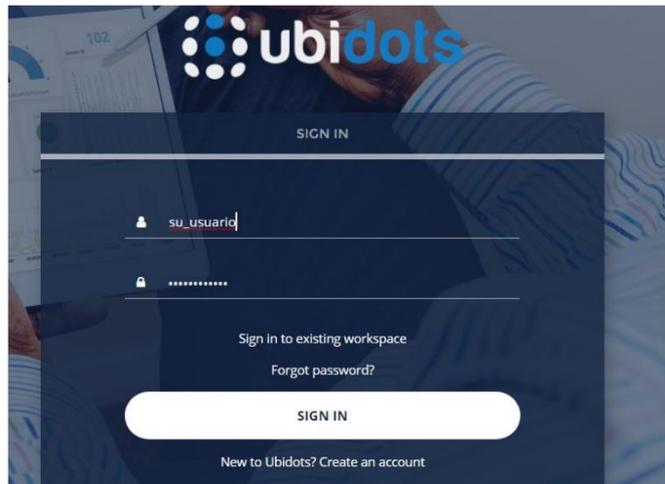


**CON CONEXIÓN A INTERNET**

- Abra su navegador de preferencia e ingrese al sitio web: [www.ubidots.com](http://www.ubidots.com).

-Coloque su usuario y contraseña ya configurada por el técnico.

- Si todo esta funcionando correctamente lo dirigirá a una venta de visualización en donde podrá observar los datos de sus sensores.





SIN CONEXIÓN A INTERNET

- Abra su navegador de preferencia y coloque en la barra de búsqueda la dirección: <http://esp32.local>

- Una vez digitado correctamente lo direccionará a una página web que funciona en su mismo dispositivo sin la necesidad de una conexión a internet para visualizar sus datos.



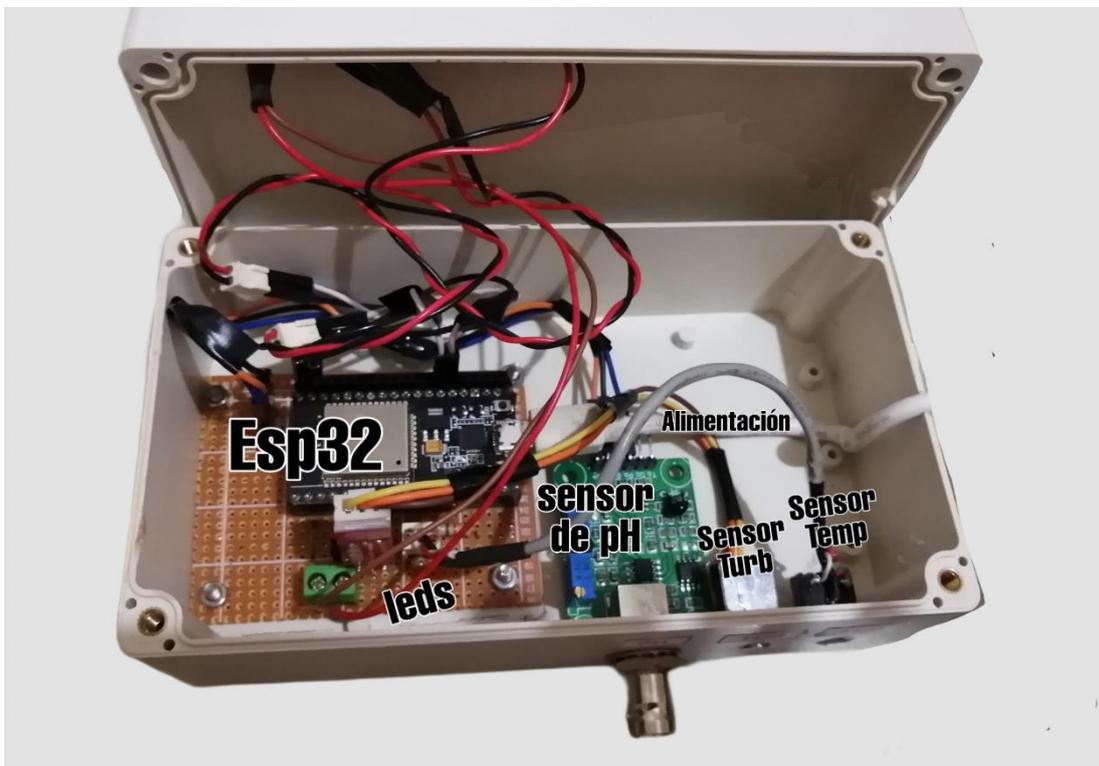
### **Botón de Reinicio**

A lado de los leds indicadores, se encuentra un botón que es de suma importancia para el correcto funcionamiento del dispositivo.

Este botón debe ser pulsado únicamente para estos dos puntos:

1. Si desea conectarse a una nueva red Wifi, presionándolo durante 3 segundos forzará al dispositivo que vuelva al modo de configuración y realice los pasos a seguir ya explicados en la sección “Access Point”.
2. Debe ser presionado durante un segundo para que el dispositivo se reinicie y funcione correctamente, esto se lo hace para que no ocurra ningún problema en levantar los servicios necesarios para su funcionamiento.

**Anexo 2.**  
**Parte interna y externa del dispositivo**



**Anexo 3.**  
**Códigos**

## Códigos para la conexión con Ubidots

### *Librerías necesarias*

```

/*****
 * Librerías Necesarias
 *****/
#include <PubSubClient.h>
#include <WiFi.h>

/*****
 * Define constantes
 *****/
#define WIFISSID "... " // Escriba su wifi
#define PASSWORD "... " // su contraseña
#define TOKEN "... " // Pon el TOKEN de UBIDOTS
#define DEVICE_LABEL "your_label_project" // Ponle un nombre al proyecto
#define VARIABLE_LABEL_1 "sensor1" // Pon una variable
#define VARIABLE_LABEL_2 "sensor2" // Pon una variable
#define MQTT_CLIENT_NAME "... " // Nombre del cliente MQTT (ASCII)

```

### *Variables para enviar los datos e Inicializar las librerías*

```

char payload[700];
char topic[150];

// Espacio para almacenar los datos a enviar
char str_val_1[6];
char str_val_2[6];

/*****
 * Inicializa los constructores de los objetos
 *****/
WiFiClient ubidots;
PubSubClient client(ubidots);

```

### *Función encargada para empaquetar los resultados y enviarlos al servidor*

```

/*****
 * Funciones Auxiliares
 *****/
void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
  Serial.print("Message arrived [");
  Serial.print(topic);
  Serial.print("] ");
  for (int i=0;i<length;i++) {
    Serial.print((char)payload[i]);
  }
  Serial.println();
}

```

*Función para reconectar la conexión*

```

void reconnect() {
  // Ciclo para comprobar si esta conectado
  while (!client.connected()) {
    Serial.println("Esperando a conectarse con MQTT....");

    // Si se conecta, pide las credenciales
    if (client.connect(MQTT_CLIENT_NAME, TOKEN, "")) {
      Serial.println("conectado!!");
    } else {
      Serial.print("conexion fallida, rc=");
      Serial.print(client.state());
      Serial.println("intentando en 2 segundos....");
      // espera 2 segundos para conectarse
      delay(2000);
    }
  }
}

```

*Función para llamar las dependencias y poner en marcha el wifi y el protocolo MQTT*

```

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  WiFi.begin(WIFISSID, PASSWORD);
  Serial.println();
  Serial.println();
  Serial.print("Wait for WiFi... ");

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }

  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi connected");
  Serial.println("IP address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
  client.setServer(mqttBroker, 1883);
  client.setCallback(callback);
}

```

*Calcula los resultados, los empaqueta y los envía al servidor de Ubidots*

```
void loop() {  
  
    if (!client.connected()) {  
        reconnect();  
    }  
  
    // Values to send  
    float temperature = random(0, 50);  
    float humidity = random(0, 50);  
  
    /* 4 is minimum width, 2 is precision: float value is copied onto str_temp*/  
    dtostrf(temperature, 4, 2, str_val_1);  
    dtostrf(humidity, 4, 2, str_val_2);  
  
    sprintf(topic, "%s", ""); // Cleans the topic content  
    sprintf(topic, "%s%s", "/v1.6/devices/", DEVICE_LABEL);  
  
    sprintf(payload, "%s", ""); // Cleans the payload content  
    sprintf(payload, "{\ \"%s\":", VARIABLE_LABEL_1); // Adds the variable label  
    sprintf(payload, "%s {\ \"value\": %s}", payload, str_val_1); // Adds the value  
    sprintf(payload, "%s, \ \"%s\":", payload, VARIABLE_LABEL_2); // Adds the variable label  
    sprintf(payload, "%s {\ \"value\": %s}", payload, str_val_2); // Adds the value  
    sprintf(payload, "%s}", payload); // Closes the dictionary brackets  
  
    Serial.println(payload);  
  
    client.publish(topic, payload);  
    client.loop();  
    delay(1000);  
}
```

## Bibliografía

- Abc. (16 de julio de 2013). *¿Qué es Raspberry PI y para qué sirve? Obtenido de . Obtenido de <https://www.abc.es/tecnologia/informatica-hardware/20130716/abci-raspberry-como-201307151936.html>*
- Allen RG, P. L. (2006). *Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.*
- Arduino. (2019). *arduino cc.* Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Atlas Scientific, A. (2017). *EZO circuits datasheets.* Long Island City.
- Caicedo Pedrera, A. (2017). *Arduino para principiantes (2° ed.). Estados Unidos: Createspace Independent Publishing Platform.*
- Cano y Escobar, M. J. (2011). *Diseño de redes de monitoreo apoyados por herramientas SIG y modelacion Geoespacial.* [https://es.unesco.org.uy/fileadmin/phi/aqualac-numero1-vol3\\_pag\\_18\\_a\\_25\\_-\\_1111-pdf](https://es.unesco.org.uy/fileadmin/phi/aqualac-numero1-vol3_pag_18_a_25_-_1111-pdf).
- Cheng, X. L. (2012). *Wireless sensor network based on ZigBee in aquaculture. Advances in Intelligent and Soft Computing, Vol. 148, pp. 553-558.*
- Del Valle Hernández, L. (2019). *programarfacil.com.* Obtenido de [https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/cayenne-mydevices-arduino-sensores-iot/#Que\\_es\\_Cayenne\\_My\\_Devices](https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/cayenne-mydevices-arduino-sensores-iot/#Que_es_Cayenne_My_Devices)
- Drenaje., S. d. (2011). Ministerio de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura. *Plan Nacional de Riego y Drenaje 2012 -2027.*
- FAO. (1982). *(Organización de las Naciones Unidas para Agricultura y Alimentación, EC) Curso de tecnología de semillas. . Quito, EC.*
- Francisco J. Espinosa-Faller, G. E. (2012). *A ZigBee wireless sensor network for monitoring an aquaculture recirculating system. Journal of Applied Research and Technology, Vol. 10 (3), 380-387.*
- Goyenola, G. (2007). *Guía de utilización de las valijas viajeras - Oxígeno Disuelto. En R. d. acuáticos.*
- Haijiang, S. D. (2012). *desarrollaron un sistema de medición distribuido basado en una red de sensores inteligentes para medir parámetros en la acuicultura. El sistema está conformado por cuatro componentes: nodo de colección de datos, nodo de ruteo, centro de monitoreo in situ .*
- Heising, K. (2009). *Agentes Patógenos que entran al agua proveniente de desechos orgánicos.* Corporación Técnica Alemana.

- Heras, R. (1970). *Manual de Hidrología*. Barcelona, España: Centro de estudios hidrográficos.
- Ikeda, M. (2018). *Diferencia entre investigación cualitativa e investigación cuantitativa*. Obtenido de cscd: <http://www.cscd.osaka-u.ac.jp/user/rosaldo/150321Qapr.html>
- Jayakody, P. (2007). *Wastewater agriculture in Kurunegala City. Sri Lanka. WASPA. Report 8*.
- Llumiquinga Quishpe, P. A. (2017). Evaluación de fertilización mineral y órgano / mineral con fertirriego en el cultivo de frutilla *Fragaria x ananassa* (Weston) Duchesne; variedad albión. . QUITO.
- Lomelí Meza, J. (2009). *Calidad de las aguas del Río Lerma en relación con el riego agrícola*. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Colegio de Postgraduados, Montecillo.
- López, M. (2002). *Manual de muestreo*. EMAAP-Q.
- Mitchell, M., Stapp, W., & Bixby, K. (1991). *Manual de campo de proyecto del río. Una guía para monitorear la calidad del agua en el río Bravo*. . Mexico: 200p.
- Moscoso, J. (1995). *Reuso de aguas residuales en el Perú*. México: Taller Regional para América sobre Salud, Agricultura y Ambiente. CEPIS/OPS. Morelos.
- Ongley, E. (1997). *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos*. . Roma, Italia FAO, 116p: Estudios de la FAO riego y drenaje. .
- OPS, O. M. (1993). *Consideraciones sobre el programa medio Ambiente y salud en el Istmo Centroamericano*. San José: CR, 50 p.
- Ott, W. (1978). *Environmental Indices, Theory and practice*. Michigan.
- Parrales, R. (21 de Febrero de 2021). Entrevista sobre la importancia de la calidad del agua en el proceso del cultivo. (J. Pozo, Entrevistador)
- Randulovich. (1997). *Sostenibilidad en el uso del agua en América Latina*. Revista Forestal Centroamérica.
- Reynolds, J. (2002). *Manejo integrado de aguas subterráneas. Un reto para el futuro*. Universidad Estatal a Distancia San José. CR. 348 p.
- Rojas Flores, A. (2015). *Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible. Universidad Nacional Del Santa, Chimbote*. Obtenido de [http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivos/curzoz/ecologia\\_2015u](http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivos/curzoz/ecologia_2015u).
- Rolín, S. (2002). *Sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales*.
- Sáenz, F. (1995). *Identificación de áreas críticas para el manejo de la cuenta del río Pacuare*. Costa Rica: tesis Mag.Sc. Turrialba CR, CATIE. 145 p.

Xin Wang, L. M. (2011). *Online water monitoring system based on ZigBee and GPRS. Procedia Engineering, (15), 2680-2684.*