



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

TEMA:

**Prototipo para sistema de monitoreo de calidad del agua potable para cisternas
de domicilios área céntrica de Guayaquil sector Kennedy**

AUTOR:

Peña Aguilar, Jhon Erick

**Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención
del título de**

INGENIERO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

TUTOR:

Ing. Morejón Campoverde, José Lenin

Guayaquil, Ecuador

2022



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de integración curricular fue realizado en su totalidad por el Sr. Peña Aguilar, Jhon Erick como requerimiento para la obtención del título de INGENIERO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

TUTOR

f. _____
Ing. Morejón Campoverde, José Lenin

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____
Ing. Ana Camacho Coronel

Guayaquil, a los 22 días del mes de septiembre del año 2022ç



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Peña Aguilar Jhon Erick

DECLARO QUE:

El Trabajo de Integración Curricular, “**Prototipo para sistema de monitoreo de calidad del agua potable para cisternas de domicilios área céntrica de Guayaquil sector Kennedy**”, previo a la obtención del título de **INGENIERO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de Investigación en mención.

Guayaquil, a los 22 días del mes de septiembre del año 2022

EL AUTOR

Peña Aguilar Jhon Erick



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

AUTORIZACIÓN

Yo, **Peña Aguilar Jhon Erick**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular, “**Prototipo para sistema de monitoreo de calidad del agua potable para cisternas de domicilios área céntrica de Guayaquil sector Kennedy**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 22 días del mes de septiembre del año 2022

EL AUTOR:

Peña Aguilar Jhon Erick

REPORTE DE URKUND



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

REPORTE URKUND

URKUND

Documento [Trabajo de Integración Curricular - Jhon Peña version final.docx](#) (D143450129)

Presentado 2022-08-31 13:28 (-05:00)

Presentado por [jorge pesantes \(jorge.pesantes@ccs.ucsg.edu.ec\)](mailto:jorge.pesantes@ccs.ucsg.edu.ec)

Recibido jorge.pesantes.ucsg@analysis.orkund.com

Mensaje [Jhon Peña](#) [Mostrar el mensaje completo](#)

1% de estas 26 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes.

Fecha de elaboración: 31/Agosto/2022

Firma:



Nombre del tutor: Ing. Jose Lenin Morejon Campoverde
Tutor de Trabajo de Titulación
Carrera de Sistemas Computacionales

Agradecimiento

Agradezco a mi familia por brindarme su apoyo durante todo el camino que he recorrido para
alcanzar todas mis metas.

Agradezco a todos los amigos que hice durante el transcurso de mi carrera quienes me han
apoyado en cada instante y de ellos aprendí muchas cosas nuevas.

Y agradezco a mis profesores que durante cada ciclo de la carrera me transmitieron sus
enseñanzas tanto académicas y de vida que me ayudaron alcanzar mis propósitos.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres que siempre han estado apoyándome y cada paso que he dado en mi vida. Me ayudaron a levantarme cuando comité errores y me aportaron sus grandes enseñanzas para poder superar las diferentes etapas de mi vida y que me forjaron como soy en el presente.

Índice General

Índice General.....	VIII
Índice de Figuras.....	XII
Índice de Tablas	XIV
Resumen.....	XV
Abstract.....	XVI
Introducción	2
Capítulo I: El Problema	3
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Pregunta de Investigación	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 <i>Objetivo General</i>	4
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	4
1.4 Justificación.....	4
1.5 Alcance.....	6
Capítulo II: Marco Teórico, Conceptual y Legal.....	7
2.1 Marco Teórico	7
2.1.1 <i>Microcontroladores</i>	7
2.1.2 <i>Sensores</i>	7
2.1.3 <i>Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica</i>	7

2.1.4	<i>Calidad del Agua</i>	8
2.1.5	<i>Importancia de la Calidad del Agua en la Salud</i>	8
2.1.6	<i>Agua y su Relación con la Salud Ambiental</i>	9
2.1.7	<i>Internet de las Cosas</i>	9
2.2.	Marco conceptual	10
2.2.1	<i>Arduino</i>	10
2.2.2	<i>Esp32</i>	11
2.2.3	<i>Sensor KS0429</i>	12
2.2.4	<i>Sensor KS0414</i>	14
2.2.5	<i>Sensor SEN0161</i>	16
2.2.6	<i>Sensor DS18B20</i>	18
2.2.3	<i>Visual Studio Code</i>	20
2.2.4	<i>PlatformIO IDE</i>	20
2.2.5	<i>Arduino Cloud</i>	21
2.2.6	<i>Blynk</i>	21
2.2.7	<i>Total de Solidos Disueltos</i>	21
2.2.8	<i>pH</i>	22
2.2.9	<i>Turbidez</i>	22
2.2.10	<i>Temperatura</i>	22
2.3	Marco Legal	23

2.3.1. Estándares y normativas mundiales	23
2.3.1.1 Estándar para pH.....	23
2.3.1.2 Estándar para los Solidos Totales Disueltos.	24
2.3.1.3 Estándar para la Turbidez.	24
2.3.1.4 Estándar para la Temperatura.....	24
2.3.2 Estándares y Normativa Nacionales.....	25
Capítulo III: Metodología y Resultados.....	28
3.1 Metodología de la Investigación.	28
3.1.1 Investigación Cuantitativa.....	29
3.1.2 Recolección de Datos	29
3.2 Metodología de desarrollo.....	30
3.2.1 Metodología de Prototipado.....	30
3.3 Análisis de Resultados.	31
3.3.1 Comparación de Mediciones del Prototipo con Dispositivos Comerciales	31
3.3.2 Comparativa de Mediciones del Prototipo con Valores Recomendados por Entidades Internacionales y Nacionales.	33
Capitulo IV: Propuesta y Desarrollo de la Solución Tecnológica	39
4.1 Introducción	39
4.2 Objetivo.....	39
4.3 Descripción del Prototipo.....	39

4.4	Herramientas de Tecnológicas para Desarrollo	40
4.5	Desarrollo del Hardware	41
4.5.1	<i>Diseño de Circuito electrónico</i>	41
4.5.2	<i>Circuito Electrónico Físico</i>	42
4.6	Desarrollo del Software.....	43
4.6.1	<i>Código del ESP32</i>	43
4.6.2	<i>Código del Arduino Uno</i>	44
4.6.3	<i>Verificación del Funcionamiento del Circuito</i>	45
4.6.4	<i>Configuración de la plataforma Blynk</i>	46
4.6.7	<i>Diagrama del diseño de las conexiones</i>	47
4.7	Implementación del Prototipo	48
4.7.1	<i>Comparativa con Dispositivos de Mediciones Comerciales.</i>	48
4.7.2	<i>Comparativa con Equipos de Laboratorio</i>	58
4.8	Justificación del bajo costo	74
	Conclusiones.....	76
	Recomendaciones	78
	Referencias.....	79

Índice de Figuras

Figura 1: Placa Arduino Uno.....	11
Figura 2: Partes de la placa ESP32	12
Figura 3: Medidor de TDS keyestudio V1.0.....	13
Figura 4: Sensor de turbidez Keyestudio V1.0	15
Figura 5: Sensor de pH DFRobot.....	17
Figura 6: Sensor de temperatura DS18B20	19
Figura 7: Histograma de los TDS elaborada por el dashborad de Blynk.....	33
Figura 8: Histograma del pH elaborada por el dashborad de Blynk.....	34
Figura 9: Histograma de la turbidez elaborada por el dashborad de Blynk.....	35
Figura 10: Histograma de la temperatura elaborada por el dashborad de Blynk.....	36
Figura 11: Diseño del circuito electrónico en Fritzing	41
Figura 12: Circuito electrónico físico	42
Figura 13: Codigo de la placa ESP32	44
Figura 14: Código de la placa Arduino Uno.....	45
Figura 15: Salida del puerto serial de Arduino Uno	45
Figura 16: Dashboard de Blynk	47
Figura 17: Diagrama de diseño de conexiones con Blynk.....	48
Figura 18: Medición de tds con dispositivo comercial	49
Figura 19: Medición de tds con el prototipo.....	50
Figura 20: Medición de tds con sal en dispositivo comercial.....	51
Figura 21: Medición de tds de agua con sal en el prototipo	51
Figura 22: Soluciones de pH conocido	52

Figura 23: Medición con dispositivo comercial de solución de 4.00 pH.....	53
Figura 24: Medición de solución 4.00 pH con prototipo.	54
Figura 25: Medición de solución 9.18 pH con dispositivo comercial.	55
Figura 26: Medición de solución 9.18 pH con el prototipo.	56
Figura 27: Medición de muestra de agua con pH desconocido del dispositivo comercial.	57
Figura 28: Medición de muestra de agua con pH desconocido por el prototipo.	58

Índice de Tablas

Tabla 1: Características del sensor KS0429.....	13
Tabla 2: Características del sensor KS0414.....	15
Tabla 3: Características del sensor SEN0161	17
Tabla 4: Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano.....	25
Tabla 5: Rango de pH del agua para consumo humano.....	26
Tabla 6: Requisitos físicos para el agua purificada envasada y agua purificada mineralizada envasada.....	26
Tabla 7: Tabla de comparación de mediciones de TDS	31
Tabla 8: Tabla de comparación de mediciones de pH	32
Tabla 9: Tabla de costos de los materiales utilizados	75
Tabla 10: Tabla de precios aproximados de Medidores de calidad del agua.....	75

Resumen

La calidad del agua es de vital importancia para la calidad de vida de las personas según detallan en diversas publicaciones de estudios, ya que la consumimos y utilizamos para muchas actividades. El presente trabajo de titulación realiza un prototipo de un sistema de monitoreo de la calidad del agua de bajo costo que se implementó en un domicilio en la ciudadela Kennedy de la ciudad de Guayaquil. El sistema envía los datos obtenidos a un dashboard en la nube para la visualización de los mismo a través de un computador o un teléfono inteligente. Los datos fueron obtenidos a través de los sensores DS18B20, KS0429, KS0414 y SEN0161. Se realizaron comparaciones de las mediciones del prototipo con otros medidores disponibles en el mercado e instrumentos de medición de un laboratorio certificado. De esta forma se comprobó la fiabilidad de las mediciones del prototipo. Las mediciones obtenidas a lo largo del proyecto indican que la calidad de agua en el sector donde se realizó las mediciones se encuentran dentro los rangos recomendados por entidades internacionales y nacionales.

Palabras claves: calidad del agua, pH, tds, turbidez, temperatura, arduino, esp32

Abstract

The quality of water is of vital importance for people's quality of life, as detailed in various study publications, since we consume it and use it for many activities. The present titling work makes a prototype of a low-cost water quality monitoring system that was implemented in a home in the Kennedy citadel of the city of Guayaquil. The system sends the data obtained to a dashboard in the cloud for its visualization through a computer or a smartphone. The data was obtained through the sensors DS18B20, KS0429, KS0414 and SEN0161. Comparisons of the prototype measurements with other commercially available meters and measuring instruments from a certified laboratory were made. In this way, the reliability of the measurements of the prototype was verified. The measurements obtained throughout the project indicate that the water quality in the sector where the measurements were made are within the ranges recommended by international and national entities.

Keywords: water quality, pH, tds, turbidity, temperature, arduino, esp32

Introducción

El agua es un líquido fundamental para la vida de los seres humanos, es indispensable para nuestra vida y lo usamos para muchas cosas. Por ende, es de vital importancia poder analizar la calidad de estas. Ya que muchos factores pueden contaminar el agua que nos rodea, principalmente las descargas de desechos de las actividades humanas.

Las fuentes de agua naturales tienen muchos usos para los seres humanos, uno de ellos es el transporte y asimilación de los desechos que producimos en nuestras diferentes actividades. Pero la integración de estos desechos a las fuentes de agua hace que su calidad cambie. Las principales necesidades que tenemos los humanos con el agua son para beber, cocinar y aseo personal. Para satisfacer estas necesidades la calidad del agua debe ser la mejor posible para que esta no repercuta en la salud de quien la consume.

De igual manera los humanos también usamos el agua para realizar diferentes actividades domésticas, agrícolas o industriales. Las cuales degradan la calidad del agua. Mientras crece la población más aumenta la necesidad de los recursos naturales que ésta consume. “Las consecuencias directas son para la cantidad y calidad del agua dulce disponible para el consumo humano. Los índices de calidad del agua son un componente importante del manejo global integrado de los recursos hídricos.” (Lekshmi Prasad & Mophin Kani, 2017).

Y gracias a los avances tecnológicos contamos con una gran cantidad de herramientas electrónicas y computacionales, para medir y analizar la calidad del agua. El presente trabajo busca ofrecer una alternativa tecnológica mediante un dispositivo open hardware y software open source para la medición y monitoreo del pH, temperatura, los sólidos disueltos y la turbidez del agua. Estas variables a que se medirán en el sistema de monitoreo propuesto están entre las más comunes utilizadas para realizar los análisis de calidad de agua.

Capítulo I: El Problema

1.1 Planteamiento del Problema

El agua es un líquido fundamental para los seres humanos, lo utilizamos en muchas de nuestras actividades diarias para el consumo para aseo, etc. Por lo tanto, es importante que la calidad de la misma sea de un nivel aceptable para el consumo humano. Ya que el agua en un mal estado puede causar problemas de salud a las personas que la consumen. El agua segura y suficiente facilita la práctica de la higiene, que es una medida clave para prevenir no solo enfermedades diarreicas, sino también infecciones respiratorias agudas y numerosas enfermedades tropicales desatendidas (OMS, 2022).

Se plantea diseñar un sistema de monitorio de la calidad del agua de bajo costo hecho con componentes openhardware que a través de sensores pueda medir el pH, la temperatura, los sólidos disueltos y la turbiedad del agua. Los cuales estarán controlados por un microcontrolador Esp32 el cual mediante una conexión wifi mandara los datos medidos a un servidor para posteriormente ser visualizados en dashborad. Donde las pruebas de medición se realizarán en el sector céntrico de la ciudad de Guayaquil en la ciudadela Kennedy. Los parámetros que medirá el sistema de monitoreo son los que con mayor frecuencia se utilizar para realizar los análisis de calidad de agua.

1.2 Pregunta de Investigación

Dentro del presente trabajo de titulación se presenta la siguiente pregunta de investigación.

¿Es posible realizar un sistema de monitoreo de calidad de agua de bajo costo con tecnologías libres y que provea información confiable sobre la calidad del agua para consumo

humano?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar e Implementar un sistema para monitorear la calidad del agua en un domicilio en la zona céntrica de la ciudad de Guayaquil.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar las variables de datos a recopilar para el monitoreo de calidad de agua.
- Analizar e identificar las herramientas tecnológicas para la recolección de datos para el monitoreo de calidad de agua.
- Diseñar, desarrollar e implementar un prototipo del sistema para el monitoreo de calidad de agua.

1.4 Justificación

Las funcionalidades de la solución tecnológica que se plantea en este proyecto permitirán contar con un sistema de bajo costo y openhardware para medir diferentes parámetros del agua tales como pH, la temperatura, los sólidos disueltos totales y la turbidez del agua. Todos estos datos medidos servirán de ayuda a los diferentes expertos en el tratamiento de aguas para que puedan hacer los análisis correspondientes de la calidad del agua y de esta forma tomar las medidas correspondientes de ser necesario para garantizar una buena calidad de agua en el sector. Y de esta forma evitar los posibles problemas que pueden traer el consumo del agua en una mala calidad para las personas. El agua es el principal recurso natural.

Reconocer la importancia vital de este recurso escaso para la vida humana y animal, así como para mantener el equilibrio ecológico para las actividades económicas y de desarrollo de todo tipo es un asunto de máxima preocupación (Poonam et al., 2015). EL consumo de un agua de mala calidad puede conllevar a disminuir la calidad de vida los pobladores de una ubicación determinada, ya que esto puede derivar en muchas enfermedades, contaminación del ambiente y otras cosas por contar con agua de mala calidad en un sector poblado. El monitoreo regular de la calidad del agua de los recursos hídricos es absolutamente necesario para evaluar la calidad del agua para la salud e higiene del ecosistema, uso industrial, uso agrícola y uso doméstico. La evaluación de la calidad del agua puede ser un proceso complejo que involucra múltiples parámetros capaces de causar diversas tensiones en calidad general del agua (Poonam et al., 2015).

Entre los procesos que puede implementar para determinar la calidad del agua esta ICA, En el Índice de Calidad de Agua (ICA) logra integrar parámetros tanto físicos, químicos y bacteriológicos del agua en un mismo modelo de ecuación que logra de esta forma establecer la calidad de agua en determinado tiempo de un espacio en específico (Rodríguez, 2022). De manera general los parámetros que se suelen usar para la medición de la calidad del agua son: pH, variación de temperatura, oxígeno disuelto (OD), turbidez, sólidos disueltos totales (SDT), turbidez; parámetros químicos en laboratorio de DBO, fosfatos, nitratos y los coliformes fecales según nos indica (Rodríguez, 2022). De los cuales tres parámetros lo pueden medir el prototipo propuesto en este trabajo y la temperatura es usado para ayudar a medir los otros valores. Cabe recalcar que los valores que se pueden medir para usar ICA pueden variar según las normas que implementan los diferentes países o asociación de países.

1.5 Alcance

El sistema de monitoreo de calidad del agua tendrá el siguiente alcance:

- Se recopilarán los valores de los diferentes sensores conectados al esp32.
- Se enviarán los datos recopilados por medio de conexión wifi al servidor.
- Se mostrará un dashboard para visualizar los datos que se están recolectando en tiempo real.

Capítulo II: Marco Teórico, Conceptual y Legal

En el presente capítulo estará comprendido toda la investigación y sustento científico a manejar para el desarrollo del sistema de monitoreo de la calidad del agua, así como la información detallada de las herramientas tecnológicas que se usaron para el diseño y desarrollo del problema que se planteó en el capítulo anterior.

2.1 Marco Teórico

2.1.1 *Microcontroladores*

Un microcontrolador es un computador completo de limitadas prestaciones, que está contenido en un chip de un circuito integrado y se destina a gobernar una sola tarea. Para que el microcontrolador realice las operaciones que deseamos es necesario grabar en su memoria de programa un conjunto de instrucciones que constituyen el programa de aplicación (Apaza Condori, 2017).

2.1.2 *Sensores*

La palabra sensor viene de la raíz latina sentiré, que significa percibir. El sensor es considerado como el dispositivo que responde a un estímulo o ante una determinada entrada, y genera una respuesta procesable; esta es referida como mensurando. La respuesta entregada generalmente es una señal eléctrica (Nivia Vargas & Jaramillo Jaramillo, 2018).

2.1.3 *Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica*

El Ministerio del Ambiente y Agua ejerce en forma eficaz y eficiente la rectoría de la gestión ambiental del Ecuador, garantiza un ambiente sano y ecológicamente equilibrado a través de la conservación y utilización sustentable de su biodiversidad; de la protección y mejora de su

calidad ambiental promoviendo el desarrollo sustentable y la justicia social; y, del reconocimiento del agua, el suelo y el aire como recursos naturales estratégicos (Ministerio del Ambiente, 2020).

2.1.4 Calidad del Agua

La calidad del agua, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud y otros organismos internacionales, se puede resumir como las condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano. La calidad del agua, en general, se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares. Este concepto ha sido asociado principalmente al uso del agua para consumo humano, sin embargo, dependiendo de otros usos también se puede definir la calidad del agua en función de ello (Baeza Gómez, 2017).

2.1.5 Importancia de la Calidad del Agua en la Salud.

El agua contaminada y el saneamiento deficiente están relacionados con la transmisión de enfermedades como el cólera, otras diarreas, la disentería, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y la poliomielitis. Si no hay servicios de agua y saneamiento, o si estos son insuficientes o están gestionados de forma inapropiada, la población estará expuesta a riesgos para su salud prevenibles (OMS, 2022).

Se calcula que unas 829 000 personas mueren cada año de diarrea como consecuencia de la insalubridad del agua, de un saneamiento insuficiente o de una mala higiene de manos, siendo que la diarrea es ampliamente prevenible y la muerte de unos 297 000 niños menores de cinco años podría prevenirse cada año si se abordasen estos factores de riesgo. (OMS, 2022).

La seguridad hídrica aspira a la disponibilidad de agua y a la capacidad de acceso adecuados para todos los usos humanos (consumo, saneamiento, producción), para la conservación de los ecosistemas y para el mantenimiento de riesgos aceptables asociados al agua (desastres naturales, enfermedades, eventos extremos). Esta condición puede alcanzarse a través de la implementación de políticas y estrategias derivadas de procesos de participación e interrelación equilibrados y planificados entre los diferentes sistemas y entre todos los actores y sectores de la sociedad y del gobierno, lo que hoy se conoce como gobernanza hídrica (Burstein-Roda, 2018).

2.1.6 Agua y su Relación con la Salud Ambiental

Se concibe Salud Ambiental (SA) como aquella capaz de conservar ecosistemas, mantener integridad ecológica y por tanto derivar agua de buena calidad para el ambiente incluyendo todos los seres vivos, con la conservación de ecosistemas y manutención de los servicios ecosistémicos, en el que es funcional medir la calidad del agua potable y tener un manejo seguro de las sustancias química (Espinosa Ramírez, 2018).

2.1.7 Internet de las Cosas

El «Internet de las Cosas» (Internet of Things, habitualmente referido por sus siglas inglesas IoT). también denominado por algunos «Internet de los Objetos» (IO) es un supraconcepto que caracteriza la próxima gran transformación en la evolución de Internet": su expansión más allá de la comunicación entre las personas, o entre las personas y el contenido digital, que ahora se extiende a miles de millones de objetos cotidianos. Los sistemas IoT implican la adquisición de datos de sensores y la entrega de órdenes a dispositivos que interactúan o forman parte del mundo real. También reconocen eventos y cambios, y pueden

reaccionar de forma autónoma y apropiada. El Internet de las Cosas se equipará a menudo con electrodomésticos y bienes de consumo, como las ropas tecnológicas (wearables) o los coches inteligentes. Por lo tanto, muchas de las preocupaciones iniciales se han centrado en los productos de consumo (Andrés, 2021).

El internet de las cosas es uno de los conceptos que han marcado tendencia en la actualidad, gracias a todos los beneficios que brinda su aplicación en los hogares. En la actualidad la tendencia hacia el Internet de las cosas (IoT: Internet of things), ha permitido que la mayoría de artefactos electrónicos de uso cotidiano, tales como celulares, tablets, computadoras, refrigeradoras, etc, puedan comunicarse con la nube y generar reportes (Novillo-Vicuña et al., 2018).

2.2. Marco conceptual

2.2.1 *Arduino*

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software fáciles de usar. Las placas Arduino pueden leer entradas (luz en un sensor, un dedo en un botón o un mensaje de Twitter) y convertirlo en una salida: activar un motor, encender un LED, publicar algo en línea. Puede decirle a su placa qué hacer enviando un conjunto de instrucciones al microcontrolador en la placa. Para ello se utiliza el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring), y el Software Arduino (IDE) , basado en Processing (Arduino.cc, 2018).

Arduino nació en el Instituto de Diseño de Interacción Ivrea como una herramienta fácil para la creación rápida de prototipos, dirigida a estudiantes sin experiencia en electrónica y programación. Tan pronto como llegó a una comunidad más amplia, la placa Arduino comenzó a cambiar para adaptarse a las nuevas necesidades y desafíos, diferenciando su oferta de simples

placas de 8 bits a productos para aplicaciones IoT, wearables, impresión 3D y entornos integrados (Arduino.cc, 2018).

Figura 1: Placa Arduino Uno.



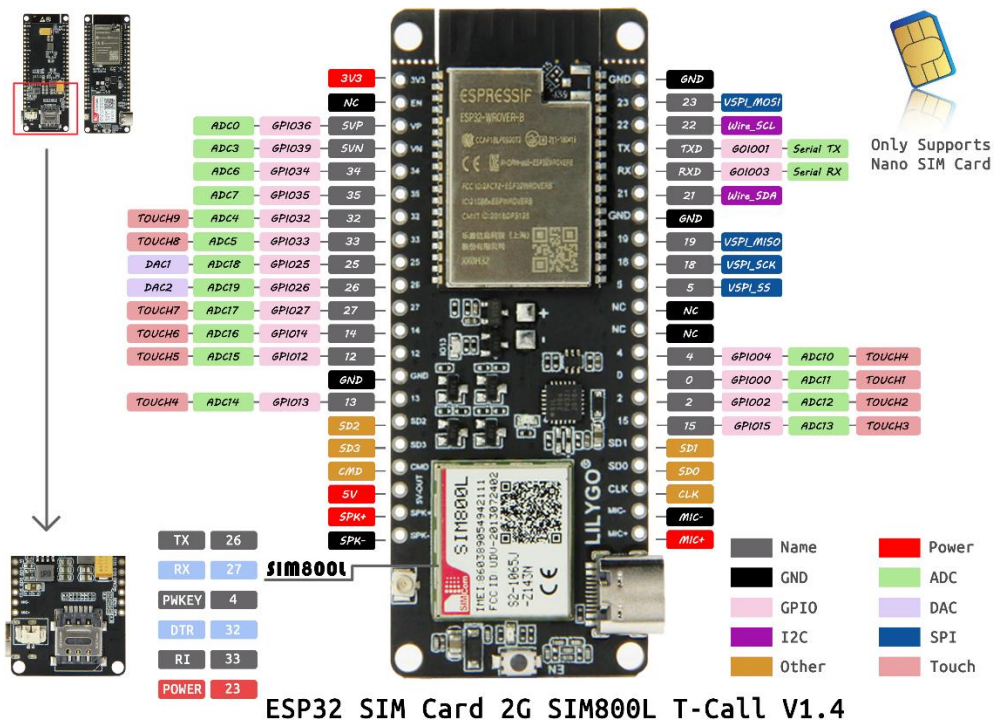
Nota. Adoptado de (Tecnimikro, s. f.).

2.2.2 Esp32

ESP32 es un microcontrolador System on Chip (SoC) de bajo costo de Espressif Systems, los desarrolladores del famoso SoC ESP8266. Es un sucesor del SoC ESP8266 y viene en variaciones de un solo núcleo y de doble núcleo del microprocesador Xtensa LX6 de 32 bits de Tensilica con Wi-Fi y Bluetooth integrados. Lo bueno de ESP32, como ESP8266, son sus componentes de RF integrados, como el amplificador de potencia, el amplificador de recepción de bajo ruido, el interruptor de antena, los filtros y el balun de RF. Esto hace que el diseño de

hardware en torno a ESP32 sea muy fácil, ya que requiere muy pocos componentes externos (Teja, 2021).

Figura 2: Partes de la placa ESP32



Nota. Adoptado de (Aliexpress, s. f.).

2.2.3 Sensor KS0429

El KS0429 es un sensor analógico para placas de microcontroladores que permite medir los sólidos disueltos totales de los fluidos de buen rendimiento y bajo costo. El sensor muestra los datos mediante una señal analógica en el pin de datos. Se utiliza por lo general para aplicaciones de control de calidad de agua. Es muy fácil de implementar con las plataformas Arduino, ESP32 o placas similares.

Figura 3: Medidor de TDS keyestudio V1.0



Nota. Adaptado de (Keyestudio, 2021b)

Tabla 1: Características del sensor KS0429

Parámetros Técnicos	
Medidor de TDS	
• Voltaje de entrada:	DC 3,3 ~ 5,5 V
• Voltaje de salida:	0 ~ 2,3 V
• Corriente de trabajo:	3 ~ 6mA
• Rango de mediciones de TDS:	0 ~ 1000 ppm
• Precisión de medición de TDS:	± 10% FS (25 °C)
	XH2.54-3P

• Interfaz del módulo:	XH2.54-2P
• Interfaz de electrodo:	

Sonda TDS

• Numero de agujas:	2
• Largo Total:	60 cm
• Interfaz de conexión:	XH2.54-2P
• Color:	Blanco
• Otro:	Sonda a prueba de agua

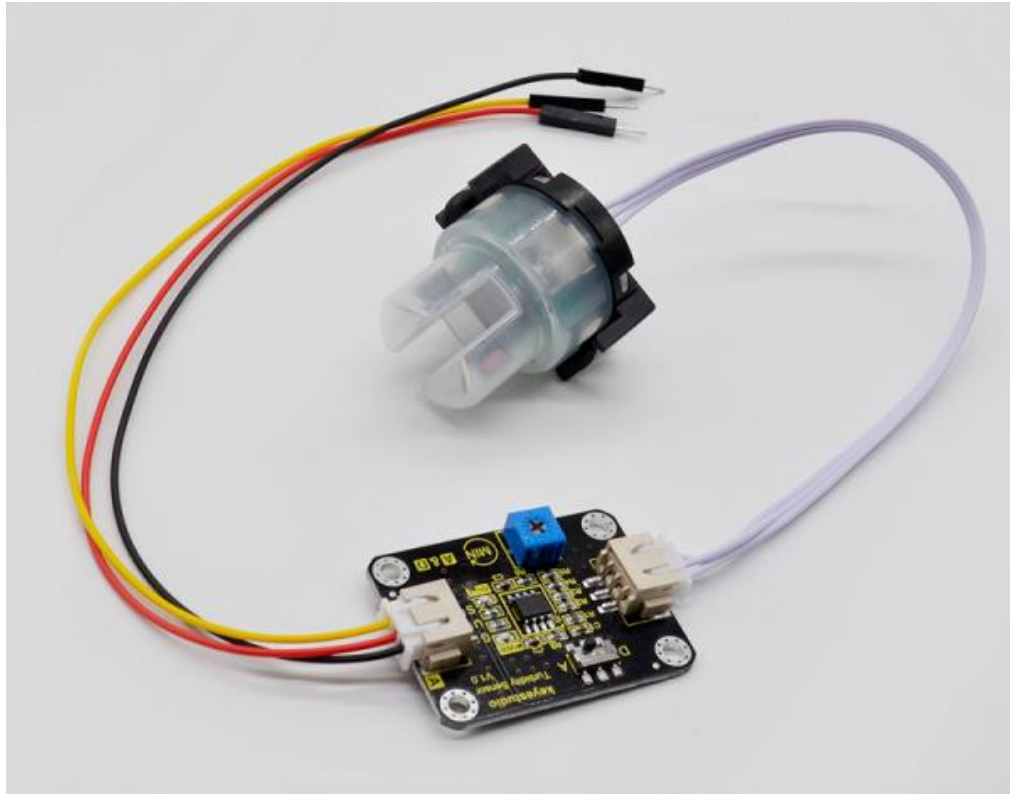
Nota. Adaptado de (Keyestudio, 2021b)

2.2.4 *Sensor KS0414*

El sensor de turbidez KS0414 detecta la calidad del agua midiendo el nivel de turbidez. El principio es convertir la señal actual en la salida de voltaje a través del circuito. Su rango de detección es 0%-3.5% (0-4550NTU), con un rango de error de $\pm 0.5\%F*S$. Cuando lo use, mida el valor de voltaje del extremo de la señal del sensor; luego calcule la turbidez del agua mediante una fórmula de cálculo simple. Este sensor de turbidez tiene modos de salida de señal analógica y digital. El módulo tiene un interruptor deslizante. Cuando deslice el interruptor al extremo A, conecte el extremo de la señal al puerto analógico, puede leer el valor analógico para calcular el voltaje de salida para obtener el grado de turbidez del agua. Si se desliza hacia el extremo D, conecte el extremo de la señal al puerto digital, puede detectar si el agua está turbidez emitiendo un nivel ALTO o BAJO. Puede girar el potenciómetro azul en el sensor para ajustar la sensibilidad del sensor. Los sensores de turbidez se pueden utilizar para medir la calidad del agua

en ríos y arroyos, medir aguas residuales y efluentes, investigar el transporte de sedimentos y medir en laboratorio (Keyestudio, 2021a).

Figura 4: Sensor de turbidez Keyestudio V1.0



Nota. Adoptado de (Keyestudio, 2021a)

Tabla 2: Características del sensor KS0414

Especificación	
• Voltaje de funcionamiento:	DC 5V
• Corriente de funcionamiento:	aproximadamente 11 mA
• Rango de detección:	0%--3.5% (0-4550NTU)
• Temperatura de funcionamiento:	-30°C~80°C

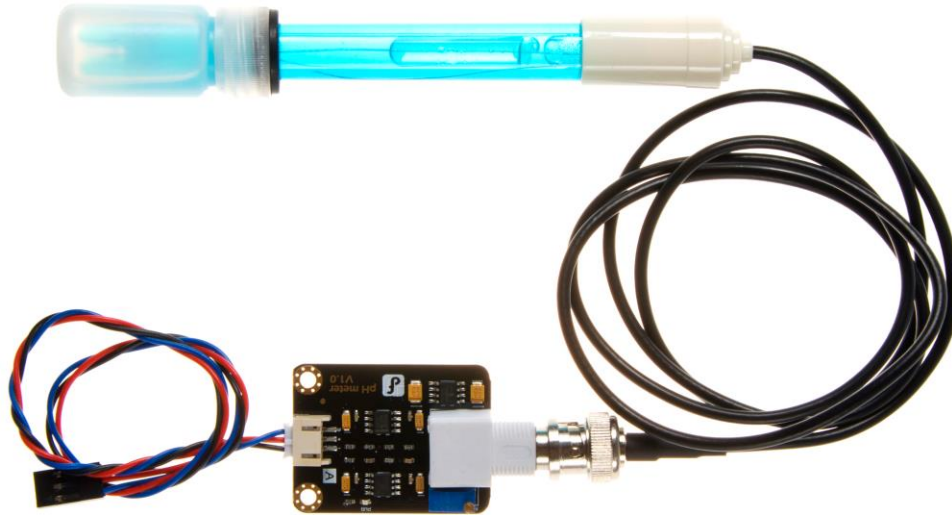
-
- **Temperatura de almacenamiento:** -10°C~80°C
 - **Rango de error:** ±0.5%F*S
 - **Peso:** 18 g
-

Nota. Adoptado de (Keyestudio, 2021a)

2.2.5 Sensor SEN0161

El SEN0161 es un sensor analógico para medir el pH del agua para placas de microcontroladores de buen rendimiento y bajo costo. Tiene un LED que funciona como indicador de encendido, un conector BNC y una interfaz de sensor PH2.0. Para usarlo, simplemente conecte el sensor de pH con el conector BNC y conecte la interfaz PH2.0 al puerto de entrada analógica de cualquier controlador Arduino (DFRobot, s. f.-b). Su programación es muy fácil en placas Arduino, ESP32 y derivados.

Figura 5: Sensor de pH DFRobot



Nota. Adoptado de (DFRobot, s. f.-b)

Tabla 3: Características del sensor SEN0161

Especificación	
• Potencial del módulo:	5,00 V
• Tamaño del módulo:	43 mm × 32 mm
• Rango e medición:	0-14PH
• Temperatura de medición:	0-60 °C
• Precisión:	± 0,1pH (25 °C)
• Tiempo de respuesta:	≤ 1 min
• Sensor de pH con conector BNC	

-
- **Interfaz PH2.0 (parche de 3 pies)**
 - **Potenciómetro de ajuste de ganancia**
 - **LED indicador de alimentación**
 - **Longitud del cable desde el sensor hasta el conector BNC: 660 mm**
-

Nota. Adaptado de (DFRobot, s. f.-b)

2.2.6 *Sensor DS18B20*

El DS18B20 es un sensor digital para medir la temperatura con placas Arduino, ESP32 y similares de buen rendimiento y bajo costo. El DS18B20 proporciona lecturas de temperatura de 9 a 12 bits (configurables) a través de una interfaz de 1 cable, de modo que solo se necesita conectar un cable (y tierra) desde un microprocesador central. Se puede usar con sistemas de 3.0-5.5V. Debido a que cada DS18B20 contiene un número de serie de silicio único, pueden existir varios DS18B20 en el mismo bus de 1 cable (DFRobot, s. f.-b).

Figura 6: Sensor de temperatura DS18B20



Nota. Adaptado de (DFRobot, s. f.-a)

Especificación

- **Utilizable con alimentación/datos:** 3,0 V a 5,5 V
 - **$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ Precisión:** -10°C a $+85^{\circ}\text{C}$
 - **Rango de temperatura utilizable:** -55 a 125°C (-67°F a $+257^{\circ}\text{F}$)
 - **Resolución seleccionable:** de 9 a 12 bits
 - **Utiliza una interfaz de 1 cable:** requiere solo un pin digital para la comunicación
 - **Identificación única de 64 bits**
grabada en chip
 - **Múltiples sensores pueden**
compartir un pin
-

-
- **Sistema de alarma de límite de temperatura**
 - **El tiempo de consulta:** es inferior a 750ms
 - **Interfaz de 3 cables:**
 - Cable rojo – VCC
 - Cable negro – GND
 - Cable amarillo – DATOS
 - **Tubo de acero inoxidable:** 6 mm de diámetro por 35 mm de largo
 - **Diámetro del cable:** 4 mm
 - **Longitud:** 90 cm
-

Nota. Adaptado de (DFRobot, s. f.-a)

2.2.3 *Visual Studio Code*

Visual Studio Code es un editor de código optimizado con soporte para operaciones de desarrollo como depuración, ejecución de tareas y control de versiones. Su objetivo es proporcionar las herramientas que un desarrollador necesita para un ciclo rápido de compilación y depuración de código y deja los flujos de trabajo más complejos para los IDE con funciones más completas, como Visual Studio IDE (VisualStudio.com, 2022).

2.2.4 *PlatformIO IDE*

PlatformIO es un entorno de desarrollo integrado extensible y fácil de usar con un conjunto de instrumentos de desarrollo profesional que proporciona características modernas y potentes para acelerar y simplificar la creación y entrega de productos integrados. PlatformIO está escrito en Python y no depende de ninguna biblioteca/herramienta adicional de un sistema operativo. Le permite usar PlatformIO comenzando desde la PC y terminando con computadoras

del tamaño de una tarjeta de crédito (como Raspberry Pi, BeagleBone, CubieBoard)
(PlatformIO, s. f.).

2.2.5 *Arduino Cloud*

Arduino IoT Cloud es una plataforma de aplicación de Internet de las cosas fácil de usar. Hace que sea muy sencillo para cualquier persona desarrollar y administrar aplicaciones de IoT, lo que les permite concentrarse en resolver problemas reales en su negocio o en la vida cotidiana. Con el lanzamiento de la nube Arduino IoT, Arduino ahora brinda a sus millones de usuarios un enfoque completo de extremo a extremo para IoT que incluye hardware, firmware, servicios en la nube y conocimiento (Arduino Team, 2019).

2.2.6 *Blynk*

Blynk es una empresa de software que proporciona infraestructura para el internet de las cosas. En 2014, Blynk fue pionera en el enfoque sin código para la creación de aplicaciones IoT y ganó popularidad mundial por su editor de aplicaciones móviles. Hoy en día, empresas de todos los tamaños, desde nuevas empresas hasta grandes empresas, utilizan nuestra plataforma de software para crear y administrar productos conectados (Blynk, s. f.).

2.2.7 *Total de Sólidos Disueltos*

Los Sólidos Disueltos Totales son la porción de los sólidos totales que pasan a través de un filtro de tamaño de poro nominal de 2.0 μm (o más pequeño). Para Sólidos Totales, la muestra líquida se evapora a una temperatura de 104 ° C; para TDS, el filtrado se evapora primero y la placa de evaporación se transfiere a un horno a 180 ° C durante al menos una hora. En ambos análisis, la placa de evaporación se enfría en un desecador a la temperatura de la balanza y luego

se pesa. Estos pasos de calentamiento, enfriamiento y pesaje se repiten hasta lograr un peso constante de ± 0.5 mg. La diferencia entre el peso posterior y anterior es la masa de Sólidos Totales o Sólidos Disueltos Totales para la muestra (Omega Perú S.A., 2019).

2.2.8 pH

Medida del grado de acidez o alcalinidad de una sustancia o una solución. El pH se mide en una escala de 0 a 14. En esta escala, un valor pH de 7 es neutro, lo que significa que la sustancia o solución no es ácida ni alcalina. Un valor pH de menos de 7 significa que es más ácida, y un valor pH de más de 7 significa que es más alcalina. En el campo de la medicina, tener un pH apropiado en la sangre y otros líquidos del cuerpo es importante para el buen funcionamiento del cuerpo (NCI, 2011).

2.2.9 Turbidez

La turbidez, expresada generalmente como unidades nefelométricas de turbidez (UNT), describe la pérdida de claridad del agua causada por partículas en suspensión (por ej., arcilla y sedimentos), precipitados químicos (por ej., manganeso y hierro), partículas orgánicas (por ej., desechos vegetales) y organismos. La turbidez puede ser causada por la mala calidad del agua de la fuente, el tratamiento deficiente y, en los sistemas de distribución, por la alteración de sedimentos y biopelículas o el ingreso de agua sucia a través de roturas de tuberías principales y otras fallas (Organización Mundial de la Salud, 2018).

2.2.10 Temperatura

La temperatura es una magnitud referida a las nociones comunes de calor o frío, por lo general un objeto más "caliente" tendrá una temperatura mayor. Físicamente es una magnitud

escalar dada por una función creciente del grado de agitación de las partículas de los materiales. A mayor agitación, mayor temperatura. Así, en la escala microscópica, la temperatura se define como el promedio de la energía de los movimientos de una partícula individual por grado de libertad (quimica.es, s. f.).

2.3 Marco Legal

2.3.1. Estándares y normativas mundiales

2.3.1.1 Estándar para pH.

Aunque el pH no suele afectar directamente a los consumidores, es uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua. Se debe prestar mucha atención al control del pH en todas las etapas del tratamiento del agua para garantizar que su clarificación y desinfección sean satisfactorias. Para que la desinfección con cloro sea eficaz, es preferible que el pH sea menor que 8; sin embargo, el agua con un pH más bajo (con un pH de aproximadamente 7 o menos) será probablemente corrosiva. El pH del agua que entra en el sistema de distribución debe controlarse para minimizar la corrosión del sistema de tuberías en las instalaciones domésticas. El control de la alcalinidad y del contenido de calcio también contribuye a la estabilidad del agua y a controlar su capacidad corrosiva de tuberías y electrodomésticos. Si no se logra minimizar la corrosión, puede provocar la contaminación del agua de uso y consumo humano y dar lugar a efectos adversos sobre su sabor y aspecto. El pH óptimo requerido variará en distintos sistemas de abastecimiento de acuerdo con la composición del agua y la naturaleza de los materiales empleados en el sistema de distribución, pero suele oscilar entre 6.5 y 8. Pueden producirse valores de pH extremos como consecuencia de vertidos accidentales, averías de las instalaciones de tratamiento, y del revestimiento de tuberías con

mortero de cemento poco curado o la aplicación del revestimiento cuando la alcalinidad del agua es baja. No se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el pH (Organización Mundial de la Salud, 2018).

2.3.1.2 Estándar para los Sólidos Totales Disueltos.

El sabor del agua con una concentración de SDT menor que 600 mg/l suele considerarse aceptable, pero a concentraciones mayores a aproximadamente 1000 mg/l, la aceptabilidad del sabor del agua de consumo humano disminuye significativa y progresivamente. Los consumidores también pueden considerar inaceptable la presencia de concentraciones altas de SDT debido a que genera excesivas incrustaciones en tuberías, calentadores, calderas y electrodomésticos. No se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para los SDT (Organización Mundial de la Salud, 2018).

2.3.1.3 Estándar para la Turbidez.

El aumento de la turbidez reduce la claridad del agua al limitar la transmisión de la luz. Debajo de 4 UNT, la turbidez se puede detectar solo con instrumentos, pero con 4 UNT o más, puede verse una suspensión de color blanco lechoso, barroso, rojo-marrón o negra. Los grandes sistemas de agua municipales deben producir consistentemente agua sin turbidez visible (y deben ser capaces de alcanzar 0,5 UNT antes de la desinfección en todo momento y un promedio de 0,2 UNT o menos). Sin embargo, los pequeños suministros, en particular aquellos con recursos limitados, puede que no logren alcanzar esos niveles (Organización Mundial de la Salud, 2018).

2.3.1.4 Estándar para la Temperatura.

Por lo general, el agua fría tiene un sabor más agradable que el agua tibia, y la temperatura repercutirá en la aceptabilidad de algunos otros componentes inorgánicos y

contaminantes químicos que pueden afectar el sabor. La temperatura alta del agua potencia la proliferación de microorganismos y puede incrementar los problemas de sabor, olor, color y corrosión (Organización Mundial de la Salud, 2018).

2.3.2 Estándares y Normativa Nacionales.

A nivel nacional tenemos que el INEN Servicio Ecuatoriano de Normalización plantea ciertas normas para el agua para consumo humano y el agua purificada envasada. De los parámetros resaltados en las normas NTE INEN 1108 y NTE INEN 2200 podemos resaltar los que los valores recomendados para el pH, la turbidez y los sólidos disueltos totales. Ya que estos parámetros son los que pueden medir el sistema propuesto en este trabajo de titulación. Para el pH INEN nos indica que los valores recomendados son de 6.5 a 8.0 para el agua potable y de 4.5 a 9.5 para el agua envasada. Para la turbidez nos indica que los valores recomendados son menores a 5 NTU para el agua potable y menor a 1 NTU para el agua envasada. Y para los sólidos disueltos totales los valores recomendados son menor a 500 ppm en el agua envasada.

Tabla 4: Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano

Parámetro	Unidad	Límite permitido
Arsénico	mg/L	0.01
Cadmio	mg/L	0.003
Cloro libre residual	mg/L	0.3 – 1.5
Cobre	mg/L	2.0
Color aparente	Pt-Co	15
Cromo (cromo total)	mg/L	0.05

Fluoruro	mg/L	1.5
Mercurio	mg/L	0.006
Nitratos (como NO3)	mg/L	50.0
Nitratos (como NO2)	mg/L	3.0
Plomo	mg/L	0.01
Turbidez	NTU	5

Nota. Adaptado de (INEN, 2022).

Tabla 5: Rango de pH del agua para consumo humano

Parámetro	Unidad	Rango
pH	Unidades de pH	6.5 – 8.0

Nota. Adaptado de (INEN, 2022)

Tabla 6: Requisitos físicos para el agua purificada envasada y agua purificada mineralizada envasada

Requisitos	Unidad	Mín	Máx
Color	Pt-Co	-	5
Turbidez	NTU	-	1
Sólidos Totales Disueltos Aguas purificadas envasadas	mg/L	-	500
Sólidos Totales Aguas purificadas mineralizadas envasadas	mg/L	500	1000
pH a 20 °C agua purificada envasada		4.5	9.5
		3.8	9.0

pH a 20 °C agua purificada

mineralizada envasada

mg/L

Ausencia

Cloro libre residual

mg/L

-

300

Dureza total

Nota. Adaptado de (INEN, 2017)

Capítulo III: Metodología y Resultados

El presente capítulo abarca la metodología utilizada para la recolección de información que se utilizó como base para el desarrollo de la solución tecnológica propuesta en este trabajo. Por ende, se detallará la forma que se usó para la recolección de la información sobre el caso de estudio, la cual a posterior se utilizara para el análisis de los resultados obtenidos y que se presentaran el siguiente capítulo. También se indicará la metodología que se usó para el proceso de desarrollo del sistema propuesto.

3.1 Metodología de la Investigación.

La Investigación Científica está encaminada a profundizar el conocimiento de un proceso ya sea teórico, práctico o teórico-práctico, parte del conocimiento científico y lo lleva a la solución de problemas de la sociedad que de una forma u otra no han sido investigados o su investigación se ha conducido en otra dirección (Cortés Cortés et al., 2004).

La Investigación Científica surge de la necesidad del hombre de dar solución a los problemas más acuciantes de la vida cotidiana, de conocer la naturaleza que lo rodea y transformarla en función de satisfacer sus intereses y necesidades. El carácter de la investigación científica es creativo e innovador aplicando lo último del conocimiento científico (Cortés Cortés et al., 2004).

La Metodología de la Investigación (M.I.) o Metodología de la Investigación Científica es aquella ciencia que provee al investigador de una serie de conceptos, principios y leyes que le permiten encauzar de un modo eficiente y tendiente a la excelencia el proceso de la investigación científica. El objeto de estudio de la M.I. Lo podemos definir como el proceso de Investigación Científica, el cual está conformado por toda una serie de pasos lógicamente estructurados y

relacionados entre sí. Este estudio se hace sobre la base de un conjunto de características y de sus relaciones y leyes (Cortés Cortés et al., 2004).

3.1.1 Investigación Cuantitativa

La investigación cuantitativa toma como centro de su proceso de investigación a las mediciones numéricas, utiliza la observación del proceso en forma de recolección de datos y los analiza para llegar a responder sus preguntas de investigación. Utiliza la recolección, la medición de parámetros, la obtención de frecuencias y estadígrafos de la población que investiga para llegar a probar las Hipótesis establecidas previamente (Cortés Cortés et al., 2004).

En el presente trabajo de titulación tiene un enfoque cuantitativo ya que se realiza mediciones con los diferentes sensores con los que cuenta el sistema, para poder comparar esas mediciones con mediciones de otros dispositivos, muestras con medidas conocidas y muestras medidas en un laboratorio. Haciendo la comparativa de las muestras se busca demostrar la fiabilidad de las mediciones del prototipo propuesto en el presente trabajo.

3.1.2 Recolección de Datos

Para el proceso de recolección de datos, que se usó para el desarrollo de este proyecto, fue el de realizar mediciones en el agua proveída desde la cisterna de un domicilio ubicado en la ciudadela Kennedy del sector céntrico de la ciudad de Guayaquil. Las mediciones se realizaron tanto con el prototipo desarrollado para este trabajo como con medidores comerciales. También se procedió a medir muestras aisladas con muestras con pH conocido. Y, por último, se procedió a hacer mediciones en un laboratorio con equipamiento especializado y comparar las mediciones de esas muestras con las mediciones del prototipo.

3.2 Metodología de desarrollo

Para el presente proyecto la metodología de desarrollo más adecuada es la metodología de desarrollo por prototipos.

3.2.1 Metodología de Prototipado

El método de prototipado está orientado a la idea de desarrollar diferentes ideas a través de prototipos de software o hardware, para posteriori poder evaluarlos. La idea de desarrollar mediante prototipos tiene una gran utilidad, ya que da la posibilidad a los usuarios de visualizar (su concepto) e informar sobre el mismo sistema, para que de esta forma se pueda aclarar los requerimientos de usuario y mejorar el sistema a futuro.

Un prototipo es una versión preliminar de un sistema de información con fines de demostración o evaluación. El prototipo de requerimientos es la creación de una implementación parcial de un sistema, para el propósito explícito de aprender sobre los requerimientos del sistema. Un prototipo es construido de una manera rápida tal como sea posible (Maida & Pacienza, 2015).

Esto es dado a los usuarios, clientes o representantes de ellos, posibilitando que ellos experimenten con el prototipo. Estos individuos luego proveen la retroalimentación sobre lo que a ellos les gustó y no les gustó acerca del prototipo proporcionado, quienes capturan en la documentación actual de la especificación de requerimientos la información entregada por los usuarios para el desarrollo del sistema real (Maida & Pacienza, 2015).

3.3 Análisis de Resultados.

3.3.1 Comparación de Mediciones del Prototipo con Dispositivos Comerciales

Para comparar las mediciones con dispositivos comerciales para medir la calidad del agua se encontró un medidor para los sólidos disueltos totales y un medidor para el pH. Para hacer la medición de los sólidos disueltos totales se procedió a recolectar unas muestras de agua en vasos de vidrio. Y se procedió a medir las muestras en periodos de 30 min de diferencia.

Tabla 7: Tabla de comparación de mediciones de TDS

Muestra	Medidor Comercial	Prototipo
1	72 ppm	71.91 ppm
2	73 ppm	71.53 ppm
3	72 ppm	72.09 ppm
4	72 ppm	72.00 ppm
5	71 ppm	71.91 ppm

Nota. Elaboración propia.

Al comparar las mediciones notamos que los resultados obtenidos con el prototipo son muy similares a los obtenidos con el dispositivo comercial. Y al calcular la desviación estándar de las mediciones realizadas con el dispositivo comercial usando la ecuación.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N - 1}}$$

Se obtuvo que la desviación estándar de la muestra es $s: 0.70710678118655$. De esta forma podemos comprobar que la mayoría de las mediciones hechas en el prototipo se encuentra

a una desviación estándar de las mediciones promedio del dispositivo comercial. Aportando de esta manera que las mediciones del prototipo con respecto a al medidor comercial son muy parecidas y confiables.

Para realizar las mediciones del pH del agua se procedió de forma similar que con las mediciones de los sólidos disueltos totales. Con la diferencia que primero se procedió a medir unas soluciones con pH conocido de 4.00 y 9.18. Las mediciones de las soluciones sirven para poder calibrar el sensor de pH y el medidor de pH comercial. Y después se hicieron las mediciones con muestras de agua con pH desconocido.

Tabla 8: Tabla de comparación de mediciones de pH de solución 9.18 pH

Muestra	Medidor Comercial	Prototipo
1	9.19 pH	9.18 pH
2	9,21 pH	9.20 pH
3	9,21 pH	9.21 pH
4	9.20 pH	9.19 pH
5	9.22 pH	9.21 pH

Nota. Elaboración propia.

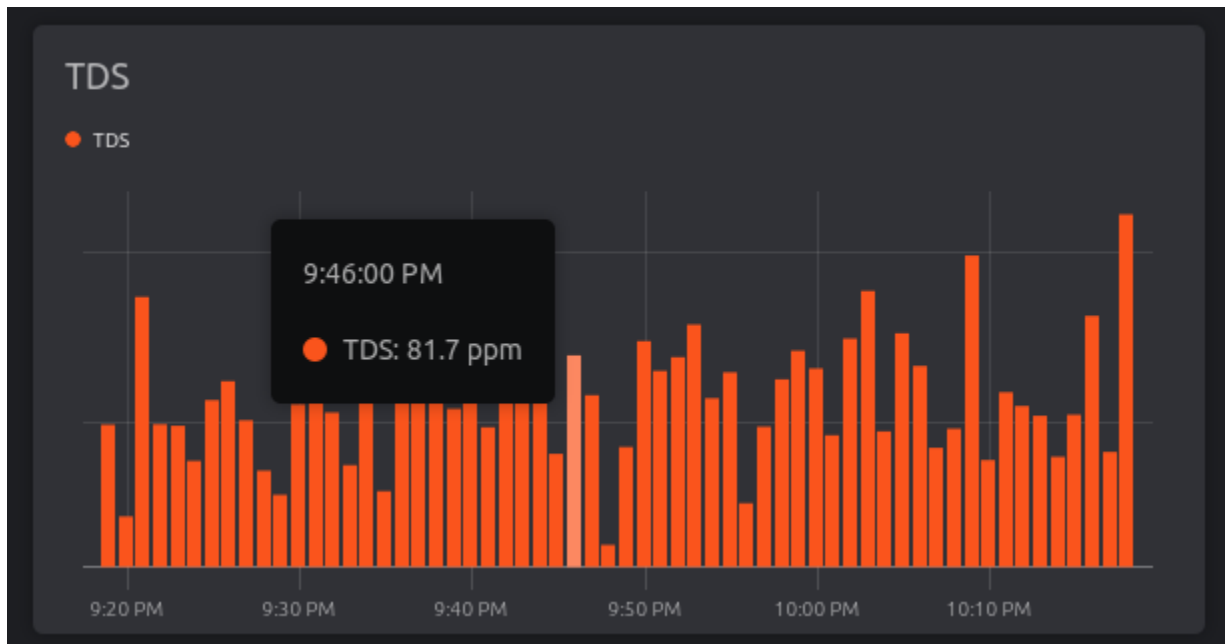
Se obtuvo que la desviación estándar de la muestra es $s: 0.011401754250308$. Se puede observar que al igual que con el caso de los sólidos disueltos totales las mediciones obtenidas con el prototipo son muy similares al medidor comercial y se encuentran dentro de una desviación estándar del promedio de las mediciones. Se aprecia que comparando las mediciones con el medidor comercial las mediciones del prototipo son confiables.

3.3.2 Comparativa de Mediciones del Prototipo con Valores Recomendados por Entidades Internacionales y Nacionales.

En las mediciones realizadas a lo largo del desarrollo de este proyecto de titulación, en un domicilio en la ciudadela Kennedy de la ciudad de Guayaquil, se pudo observar que en todos los casos que se realizar mediciones de las variables seleccionadas para este proyecto se encontraban dentro los rangos recomendados por entidades internacionales y nacionales para el consumo humano.

En el caso de los sólidos disueltos totales las mediciones se encontraban en un rango de 65 ppm a 90 ppm. Dichos valores que se obtuvieron de las mediciones se encuentran dentro los rangos recomendados por la OMS entidad internacional son menores a las 300 ppm. Y los valores recomendados por INEN entidad nacional son menores a las 500 ppm.

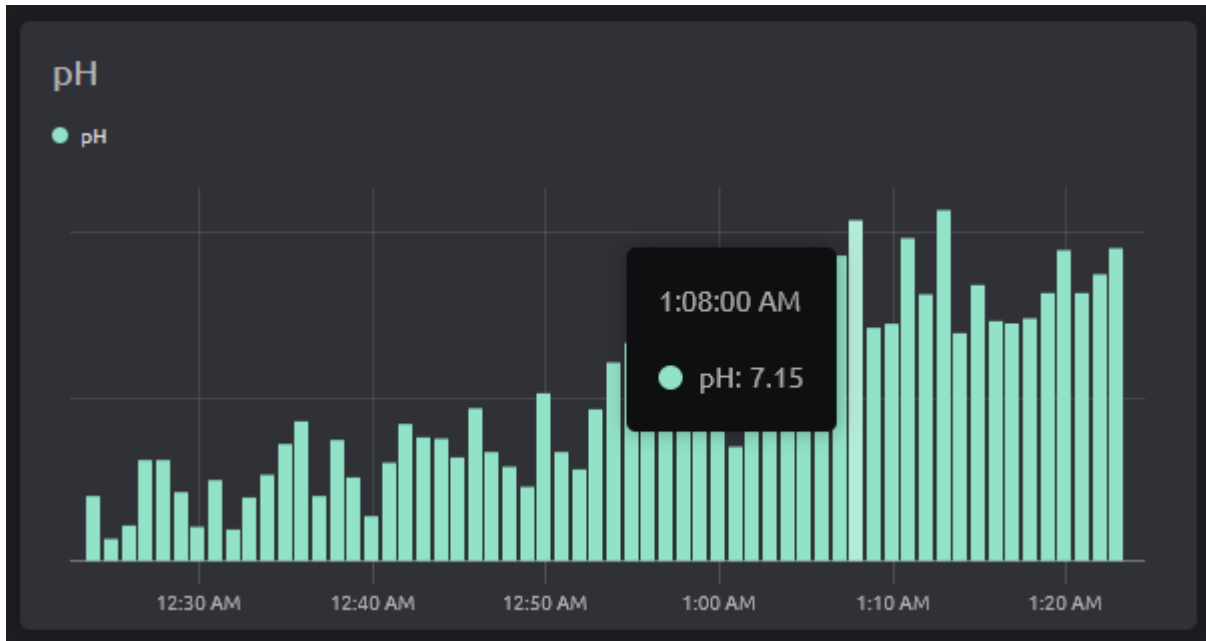
Figura 7: Histograma de los TDS elaborada por el dashborad de Blynk.



Nota. Elaboración propia.

Para el pH las mediciones que se realizaron se encuentran dentro del rango de 6.5 a 8.0 y la OMS nos indica que el valor del agua debe ser 7. Y el INEN nos indica que el agua potable de estar en el rango de 6.5 a 8.0.

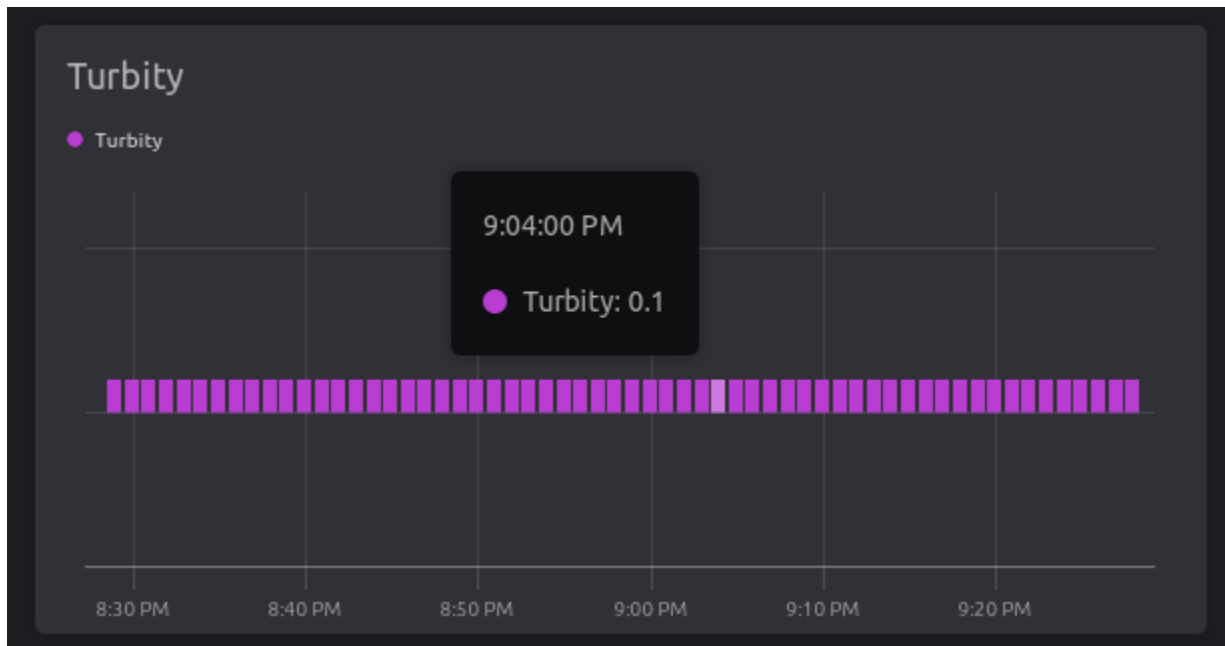
Figura 8: Histograma del pH elaborada por el dashborad de Blynk.



Nota. Elaboración propia.

Se observó que las mediciones obtenidas de la turbidez se encontraban en el rango de 0.1 a 1.0 NTU. Y tanto la OMS como INEN recomienda que el agua potable debe estar por debajo de los 5 NTU para el consumo humano.

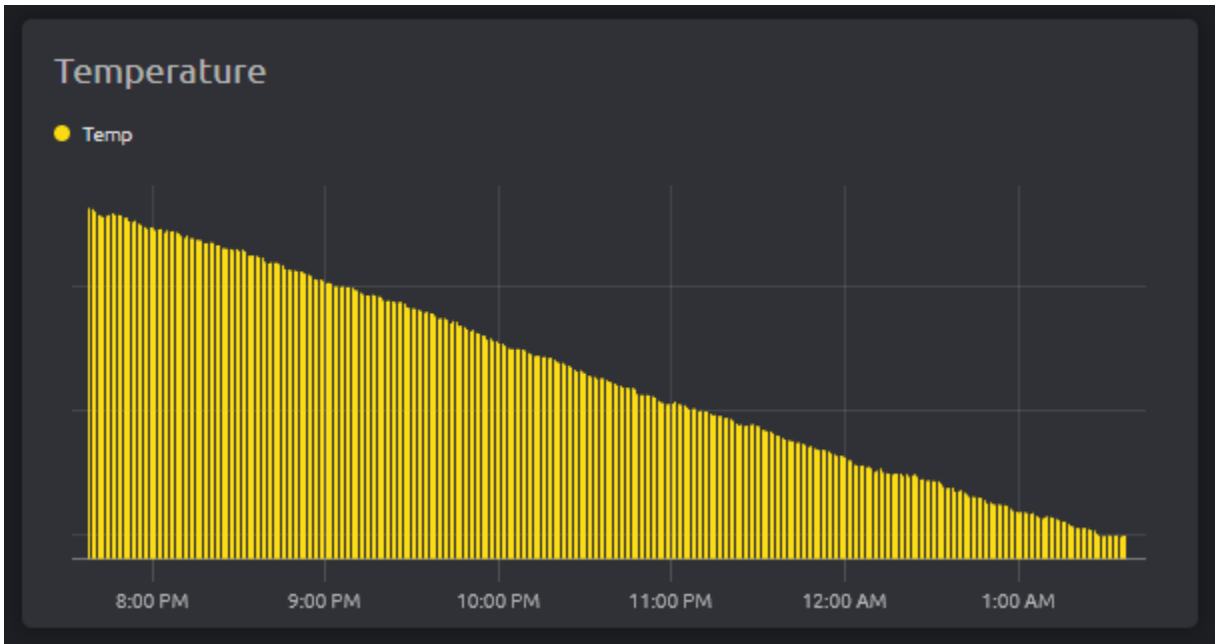
Figura 9: Histograma de la turbidez elaborada por el dashborad de Blynk.



Nota. Elaboración propia.

También se pudo observar que la temperatura del agua se encuentra en un rango de 24 °C a los 28 °C a lo largo del día.

Figura 10: Histograma de la temperatura elaborada por el dashborad de Blynk.



Nota. Elaboración propia.

3.3.3 Comparativa de mediciones con instrumentos de laboratorio

Para realizar la comparación con los instrumentos de laboratorio se procedió hacer mediciones en el Consorcio ILM, un laboratorio de tratamiento de agua, y se procedió a medir tres parámetros el pH, los sólidos disueltos totales y la turbidez. Para realizar la mediciones se tomaron dos muestras de dos cisternas diferentes. Primero se procedió a realizar las mediciones del pH, se procedió a calibrar los instrumentos de medición y se midió las muestras. Se puede ver las evidencias de las mediciones en la Figura 33, Figura 34, Figura 35 y Figura 36 que se encuentran en el siguiente capítulo.

Tabla 9: Comparación de mediciones de pH

Muestra	Inst. Laboratorio	Prototipo
----------------	--------------------------	------------------

1	6.86 pH	7.04 pH
2	7.64 pH	7.72 pH

Nota. Elaboración propia.

Las mediciones no varían mucho entre los instrumentos del laboratorio y el prototipo. Un poco más distante en la primera muestra debido que el sensor al estar conectado a la tarjeta Arduino con una capacidad de 10 bits en los puertos analógicos puede no ser tan preciso. Aun así las medidas no distan mucho unas de otras.

El segundo parámetro que se midió fue los sólidos disueltos totales. De igual manera se procedió a calibrar los equipos y se procedió a medir las muestras. Las evidencias de las mediciones se pueden observar en la Figura 37, Figura 38, Figura 39 y Figura 40 del siguiente capítulo.

Tabla 10: Comparación de mediciones de TDS

Muestra	Inst. Laboratorio	Prototipo
1	65.6 ppm	61.30 ppm
2	71.1 ppm	70.22 ppm

Nota. Elaboración propia.

La tolerancia para la medición de los sólidos disueltos totales es mayor que la del pH. Y podemos apreciar que las mediciones no distan mucho. De igual manera con una diferencia un poco mayor en la muestra uno que en la muestra dos.

El ultimo parámetro que se procedió a medir fue la turbidez del agua. Se procedió a calibrar los equipos y a realizar las mediciones correspondientes a cada muestra. Las evidencias de las mediciones se pueden observar en la Figura 41, Figura 42, Figura 43 y Figura 44 del capítulo siguiente.

Tabla 11: Comparación de mediciones de Turbidez

Muestra	Inst. Laboratorio	Prototipo
1	3.90 NTU	4.82 NTU
2	1.33 NTU	0.1 NTU

Nota. Elaboración propia.

En el caso de la turbidez aun que la diferencia de medición de las muestras no dista mucho para este caso se tuvo interferencia por la luz del ambiente. Debido que para medir la turbidez el sensor utiliza un as de luz que se puede ver afectado por luces externas. Como se puede apreciar en la Figura 41 y la Figura 43 el instrumento de medición del laboratorio cuenta con una cámara que impide la entrada de la luz. Como recomendación se debe impedir que la luz del ambiente pueda afectar las mediciones del sensor del prototipo.

Capítulo IV: Propuesta y Desarrollo de la Solución Tecnológica

En el presente capítulo se dará detalle de todo el proceso del desarrollo del prototipo de sistema de monitoreo de calidad del agua. De igual manera se presentará las tecnologías y herramientas utilizadas para la creación de los diseños y la implementación del sistema de monitoreo de calidad de agua.

4.1 Introducción

Se ha diseñado e implementado un prototipo de sistema de monitoreo de calidad del agua, el cual censa la temperatura, los sólidos disueltos totales, el pH y la turbidez del agua en un domicilio en la ciudadela Kennedy en el sector centro de la ciudad de Guayaquil. El sistema enviara en tiempo real los datos captados por los sensores a un dashboard proporcionado por un servicio de internet para internet de las cosas.

4.2 Objetivo

Presentar un prototipo de bajo coste que permita medir diferentes parámetros del agua de manera fiable, los cuales permitan analizar la calidad del agua medida para comprobar que la calidad del que se consume tiene una calidad optima.

4.3 Descripción del Prototipo

El desarrollo de este prototipo está dividido en tres partes, el desarrollo del hardware, el desarrollo del software y la configuración del dashboard. En lo que consiste el desarrollo del hardware es, principalmente, la elaboración del circuito y conexiones del microprocesador y los sensores. En cuanto al desarrollo del software tiene que ver con la elaboración del código para la programación de los sensores y él envió de datos a la plataforma del dashboard. Y por último a

configuración del dashborad es la parte donde se configurará el dashborad para que pueda conectase y recibir los datos enviados por el microcontrolador, y el diseño del dashborad como tal donde se presentaran los datos.

4.4 Herramientas de Tecnológicas para Desarrollo

A continuación, serán presentadas las diferentes herramientas que se necesitaron para la elaboración del prototipo de monitoreo de calidad del agua.

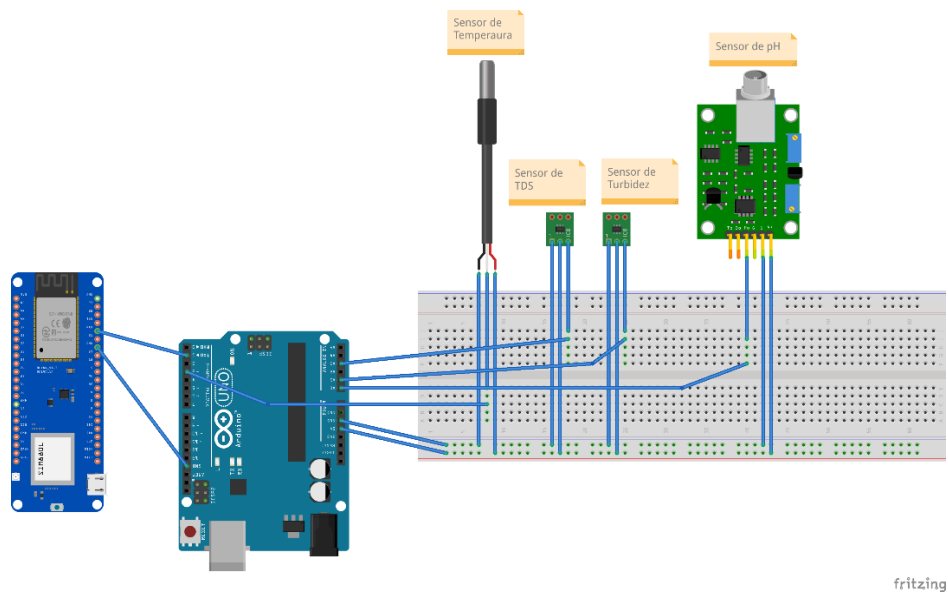
- C: Es un lenguaje de programación multipropósito. Es el lenguaje que se utilizó para la programación de los microcontroladores.
- Visual Studio Code: Es un editor de texto multiplataforma que permite desarrollar código para diferentes lenguajes de programación.
- PlatformIO IDE: Es una extensión de visual studio code que permite la carga de programas a múltiples placas de microcontroladores entre ellas Esp32 y Arduino.
- ESP32: se encarga de enviar los datos al dashborad.
- Arduino Uno: Envía los datos del sensor de pH al ESP32.
- Protoboard: Sirve para armar el circuito.
- Cables Jumpers: Sirven para conectar los dispositivos que conforman el prototipo
- Sensor KS0429: Su función es medir los sólidos disueltos totales del agua en ppm.
- Sensor KS0414: Su función es medir la turbidez del agua en NTU.
- Sensor SEN0161: Su función es medir el pH del agua.
- Sensor DS18B20: Su función es medir la temperatura del agua.
- Blynk: Es una plataforma que permite crear dashboard para proyectos IoT. Tiene diferentes ofertas de pago y una gratuita. En este proyecto se utilizó la versión gratuita.

4.5 Desarrollo del Hardware

4.5.1 Diseño de Circuito electrónico

Antes del ensamble del circuito de forma física se procede a elaborar el diagrama en digital con la herramienta Fritzing. De esta forma se establece que puertos de los microcontroladores se utilizará para la conexión de los sensores y la intercomunicación entre ellos. Se selecciono la entrada analógica A0 del Arduino Uno para conectar el sensor SEN0161 debido a que el sensor necesita una entrada analógica que soporte 5V, además se conectó el sensor a 5V y aterrizándolos con GND. Se conecto el Arduino Uno usando el pin Tx0 al pin Rx del ESP32 y aterrizándolos al mismo punto de tierra. Se selecciono el pin GPIO36 para conectar el sensor KS0414 y se lo conecto a 3.3V. El sensor KS0429 se conectó al pin GPIO34 y se alimentó con 3.3V. Y por último se conectó al pin GPIO13 el sensor DS18B20 y se alimentó con 3.3V.

Figura 11: Diseño del circuito electrónico en Fritzing

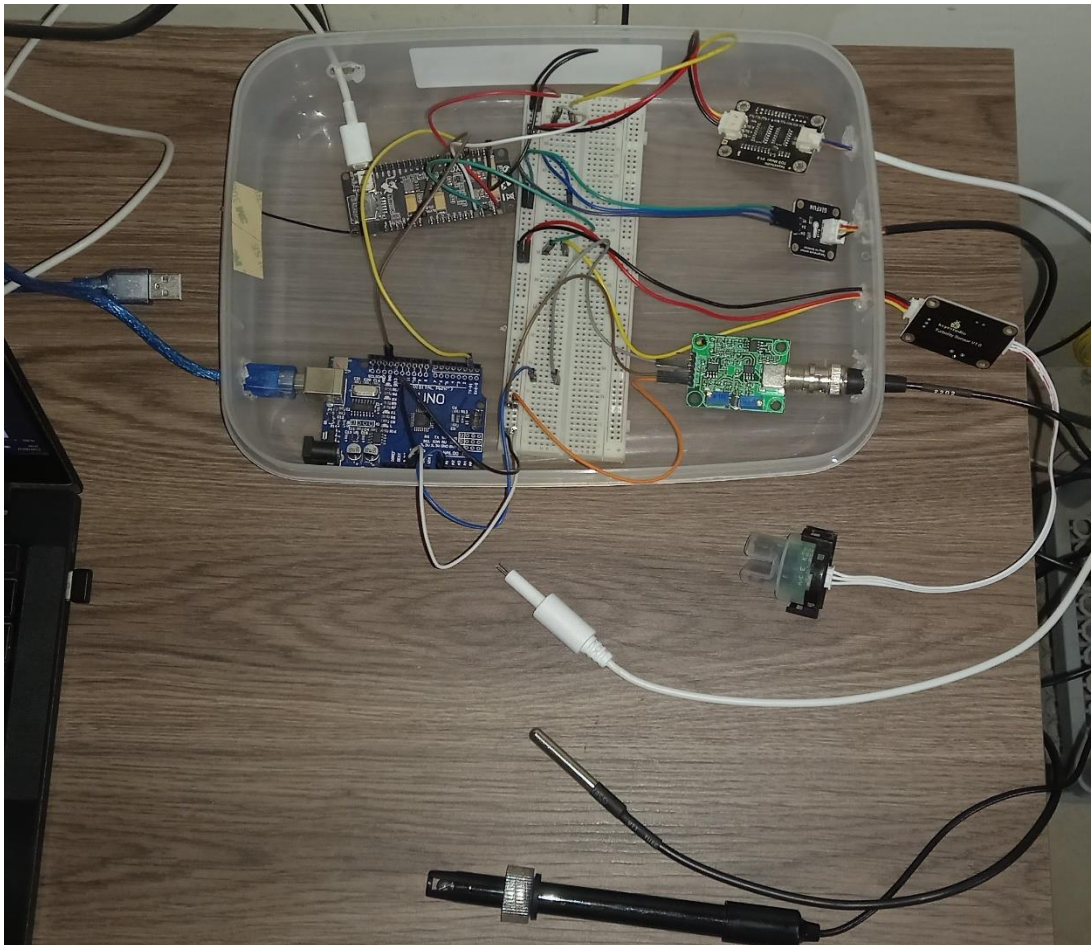


Nota. Elaboración propia.

4.5.2 *Circuito Electrónico Físico*

Con el diseño del circuito virtual como guía se procede a la construcción de este en forma física. La posición de los cables jumper en la protoboard puede variar según la disponibilidad de espacio, pero se mantiene las mismas conexiones.

Figura 12: *Circuito electrónico físico*



Nota. Elaboración propia.

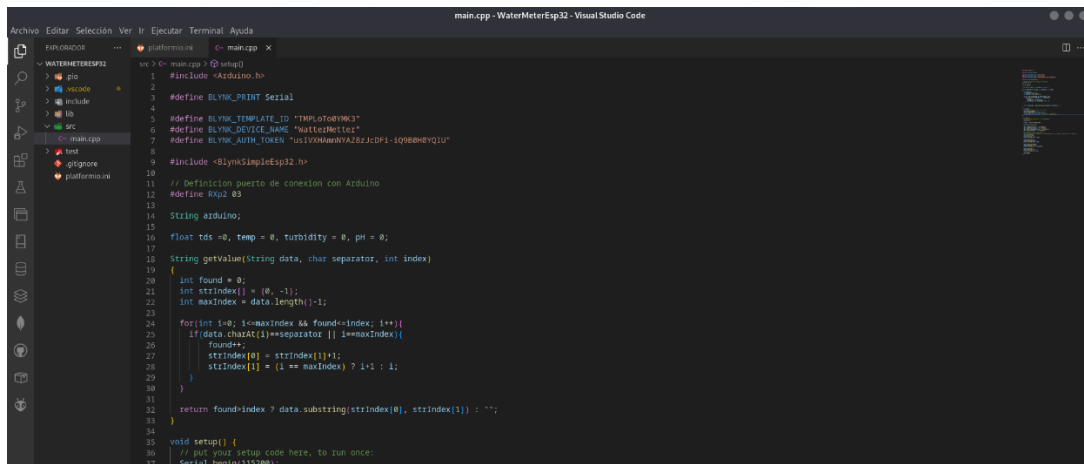
4.6 Desarrollo del Software

4.6.1 Código del ESP32

El desarrollo del código de como el circuito interactúa y funciona en el editor de código Visual Studio Code utilizado la extensión de PlatformIO. Se procedió a importar todas las librerías necesarias para el correcto funcionamiento de los sensores y la conexión a la plataforma de visualización de datos Blynk. Se programo la conexión de wifi definiendo el nombre de la red y su contraseña. Se definieron las variables de entrada necesarias, el puerto serial y el puerto serial para la lectura de datos enviados desde la placa Arduino Uno. Y codifico el funcionamiento para que la placa ESP32 envíe las variables guardadas a la plataforma de visualización de datos Blynk.

El funcionamiento del código es el siguiente: Primero ESP32 se conecta a internet mediante conexión wifi a la red especificada en el código. Después se abre el puerto 80 y se hace conexión con la plataforma Blynk usando la librería que ofrece la plataforma Blynk.h y usando el key token para autenticar el dispositivo que realiza la conexión a Blynk que se estale en el código. Posteriormente de la conexión a la plataforma de visualización la placa comienza a recibir información de la cantidad de solidos disueltos totales del agua, información de la turbidez del agua, información de la temperatura del agua e información del pH del agua desde la placa Arduino Uno a través del puerto serial. Una vez almacenadas las cuatro medidas en las variables establecidas se procede a enviar la información a la plataforma Blynk usando la librería que proporciona para que se pueda visualizar las mediciones en el dashboard.

Figura 13: Código de la placa ESP32



```
1 #include <Arduino.h>
2
3 #define BLYNK_PRINT Serial
4
5 #define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL0T0MYW31"
6 #define BLYNK_DEVICE_NAME "WaterMeter"
7 #define BLYNK_AUTH_TOKEN "ustV0HmNVAZ8ZJCDFl-1q8b8hVqID"
8
9 #include <BlynkSimpleEsp32.h>
10
11 // Definición puerto de conexión con Arduino
12 #define RX02 03
13
14 String arduino;
15
16 float tds = 0, temp = 0, turbidity = 0, pH = 0;
17
18 String getValue(String data, char separator, int index)
19 {
20     int found = 0;
21     int strIndex[] = {0, -1};
22     int maxIndex = data.length()-1;
23
24     for(int i=0; i<=maxIndex && found<=index; i++){
25         if(data.charAt(i)==separator || i==maxIndex){
26             found++;
27             strIndex[0] = strIndex[1]+1;
28             strIndex[1] = (i == maxIndex) ? i+1 : i;
29         }
30     }
31     return found<=index ? data.substring(strIndex[0], strIndex[1]) : "";
32 }
33
34
35 void setup() {
36     // put your setup code here, to run once:
37     Serial.begin(115200);
```

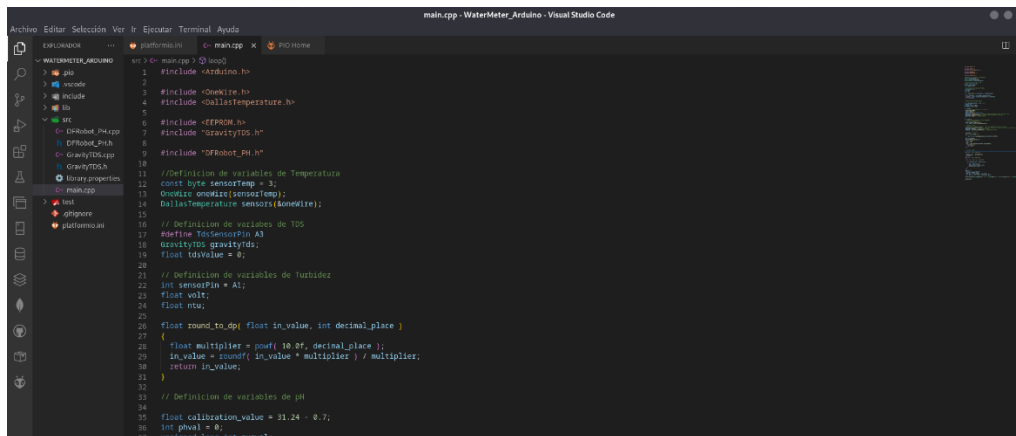
Nota. Elaboración propia.

4.6.2 Código del Arduino Uno

La codificación de la placa Arduino se realizó con el editor de código Visual Studio Code utilizando la extensión de PlatformIO. Se implementaron las librerías OneWire, Dallas temperature y GravityTDS para la programación de los sensores. Se definieron las variables de entrada necesarias, el puerto serial. Y se codificó la configuración de los sensores y guardo las mediciones en las variables previamente establecidas.

El código funciona de la siguiente manera: La placa Arduino Uno recibe la información de la temperatura desde el sensor DS18B20, la información de los sólidos disueltos totales desde el sensor KS0429, la información de la turbidez del agua desde el sensor KS0414 y la información del pH del agua desde el sensor SEN0161. La información se guarda en las variables definidas y se envía por el puerto serial a la placa ESP32 para que puedan ser enviadas a la plataforma de visualización de datos Blynk.

Figura 14: Código de la placa Arduino Uno



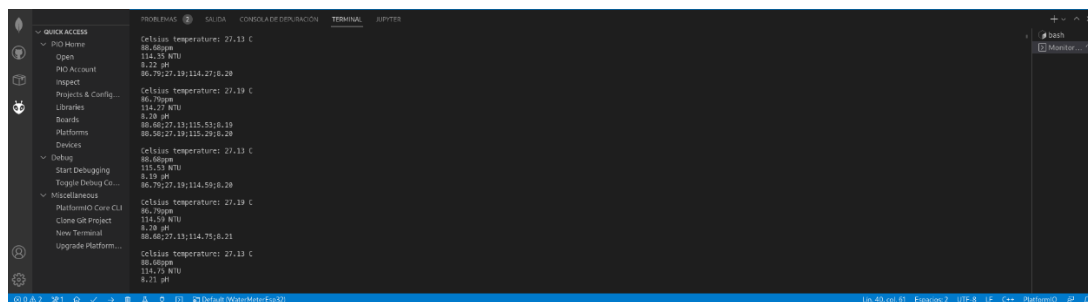
```
main.cpp - WaterMeter_Arduino - Visual Studio Code
1 #include <I2C.h>
2 #include <Arduino.h>
3 #include <OneWire.h>
4 #include <DallasTemperature.h>
5
6 #include <EEPROM.h>
7 #include <DS18B20.h>
8
9 #include <DFRobot_PH.h>
10
11 //Definición de variables de Temperatura
12 const byte sensorTemp = 3;
13 OneWire oneWire(sensorTemp);
14 DallasTemperature sensors(&oneWire);
15
16 // Definición de variables de TDS
17 #define DS18B20_PIN A5
18 float tds;
19 float tdsValue = 0;
20
21 // Definición de variables de turbidez
22 int sensorPin = A1;
23 float volt;
24 float ntu;
25
26 float round_to_dp( float in_value, int decimal_place )
27 {
28     float multiplier = powf( 10.0f, decimal_place );
29     in_value = round( in_value * multiplier ) / multiplier;
30     return in_value;
31 }
32
33 // Definición de variables de pH
34
35 float calibration_value = 31.24 * 0.7;
36 int pHval = 0;
37 const float log_normal;
```

Nota. Elaboración propia.

4.6.3 Verificación del Funcionamiento del Circuito

Se comprobó que el dispositivo monitoree las 4 las cuatro variables a medir: total de solidos disueltos, temperatura, turbidez y pH. Para lo cual se programó la placa Arduino Uno para que muestre los valores a través del puerto serial y poder visualizar las mediciones.

Figura 15: Salida del puerto serial de Arduino Uno

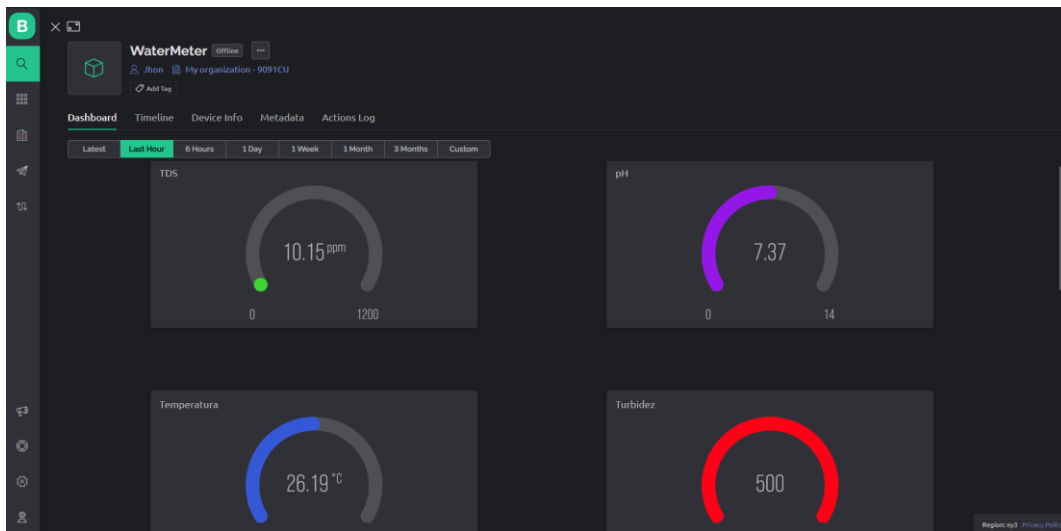


Nota. Elaboración propia.

4.6.4 Configuración de la plataforma Blynk

Blynk es una plataforma online que brinda el servicio de visualización de datos para dispositivos IoT a través de dashboards. Se procedió a crear una cuenta gratuita en la plataforma, aunque Blynk brinda la posibilidad de mejorar los servicios la cuenta mediante diferentes paquetes de suscripción. Una vez creada la cuenta se procedió a crear un Template para que se pueda conectar un dispositivo a Blynk. Al crear un Template se proporciona un ID para el Template y un Nombre para el dispositivo que se conectara, los cuales deben ser agregados al código de la placa ESP32. Luego se procedió a crear los Datastreams en el Template los cuales recibirán los datos enviados por la placa ESP32 para almacenarlos. Después se procedió a diseñar el dashboard, especificando los widgets que se usaran para visualizar los datos y a que Datastreams están asociado cada widget. Y finalmente se creó un dispositivo con el Template creando con anterioridad, el cual proporcionara un token que se debe ser incluido en la programación de la placa ESP32 para que se pueda autenticar al conectarse con Blynk.

Figura 16: Dashboard de Blynk

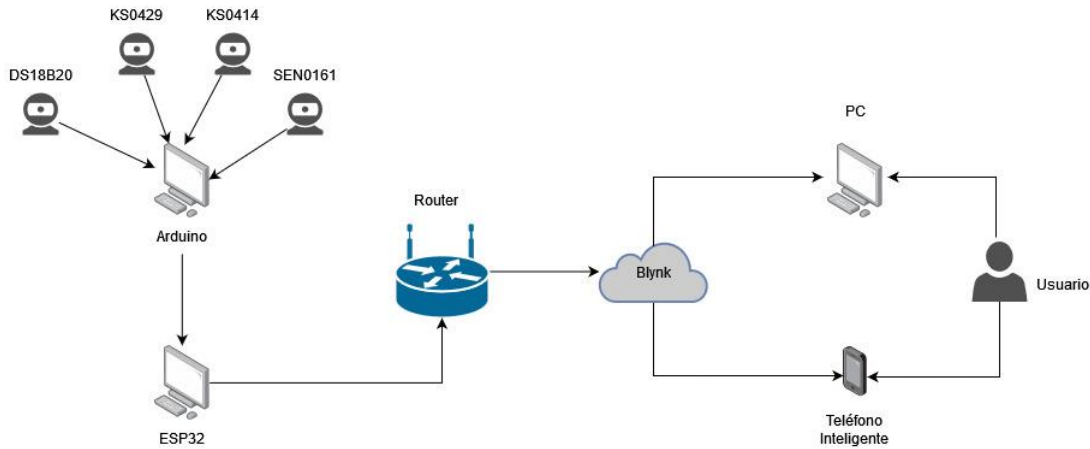


Nota. Elaboración propia.

4.6.7 Diagrama del diseño de las conexiones

Las conexiones funcionan de la siguiente forma: El Arduino Uno cuenta con un sensor de temperatura (DS18B20), un sensor de solidos disueltos totales (KS0429), un sensor de turbidez (KS0414) y un sensor de pH (SEN0161) conectados a través de cables jumpers en una protoboard. La placa se conecta mediante un cable jumper a la placa ESP32 para enviar la información de los sensores mediante el puerto serial. El ESP32 se conecta al gateway mediante wifi para enviar la información de los sensores a través de internet al servidor de Blynk. Finalmente se podrá visualizar *la* información accediendo a Blynk mediante un pc o un teléfono inteligente.

Figura 17: Diagrama de diseño de conexiones con Blynk.



Nota. Elaboración propia.

4.7 Implementación del Prototipo

Para la implementación del prototipo de monitoreo de calidad se procedió a instalar el dispositivo en una vivienda en la ciudadela Kennedy en el sector céntrico de la ciudad de Guayaquil. Se procedió a tomar muestras de agua provenientes del sistema de tuberías del domicilio para hacer mediciones y compararlas con mediciones de instrumentos comerciales. De esta forma podremos determinar la fiabilidad de las mediciones respecto a otros dispositivos disponibles en el mercado. Y a posterior se acudió al Consorcio ILM un laboratorio de tratamiento de aguas certificado para comparar las mediciones del prototipo con herramientas especializadas.

4.7.1 Comparativa con Dispositivos de Mediciones Comerciales.

Para realizar la comparativa de las mediciones con otros dispositivos que se encuentran disponibles en el mercado se procedió a tomar muestras en vasos de vidrio. Las muestras se

midieron tanto con el prototipo y con los dispositivos comerciales, y reviso las mediciones obtenidas para que tanta diferencia tenía el prototipo con el dispositivo comercial. Con los datos de las mediciones se procedió a reajustar el prototipo. Se procedió a 3 variables: total de solidos disueltos, temperatura y pH, ya que se encontró dispositivos comerciales solo para esos parámetros.

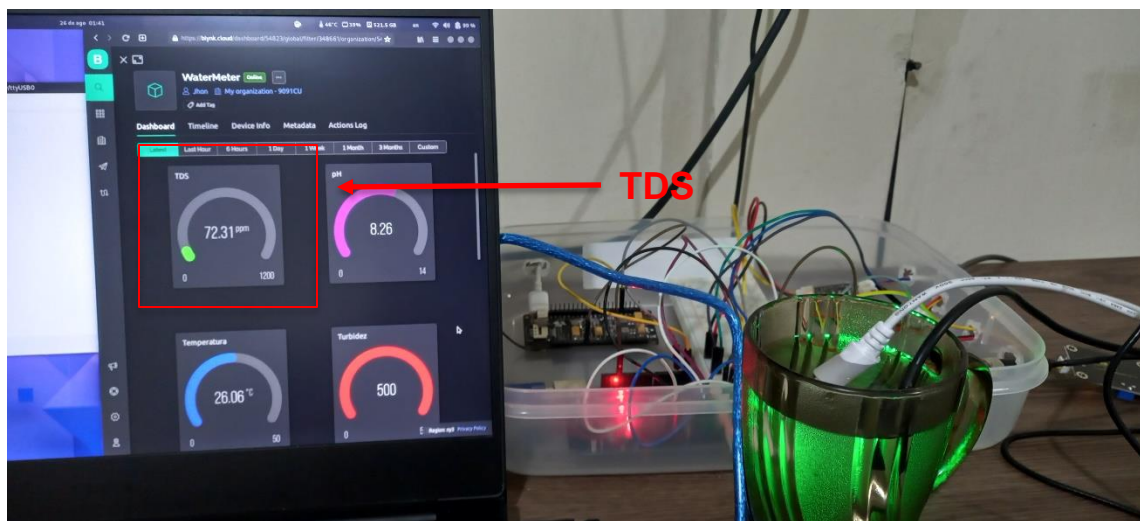
Para la medición de los sólidos disueltos totales primero se tomó una muestra de agua sin alterar y después con una muestra de agua alterada con pequeñas cantidades de sal. Primero se procedió a medir con el dispositivo comercial la muestra sin alterar y después se midió con el prototipo usando el sensor KS0429 y el sensor DS18B20.

Figura 18: Medición de tds con dispositivo comercial



Nota. Elaboración propia.

Figura 19: Medición de tds con el prototipo



Nota. Elaboración propia.

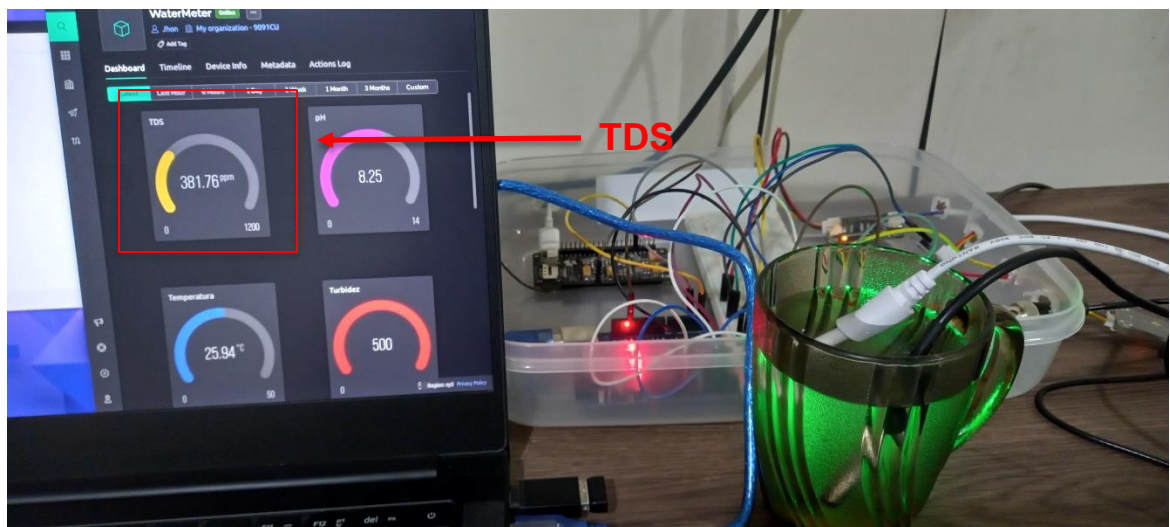
El primero mide los sólidos disueltos totales y el segundo la temperatura. Se utilizó el sensor de temperatura en la medición porque para medir los sólidos disueltos totales en la codificación es necesario la temperatura del agua para realizar el cálculo de los sólidos disueltos totales. Después se comparó las medidas y según los resultados se procedió a calibrar el prototipo para obtener mediciones similares.

Figura 20: Medición de tds con sal en dispositivo comercial



Nota. Elaboración propia.

Figura 21: Medición de tds de agua con sal en el prototipo



Nota. Elaboración propia.

Para la medición del pH del agua se procedió preparar unas soluciones con pH 4.00 y pH 9.18.

Figura 22: Soluciones de pH conocido



Nota. Elaboración propia.

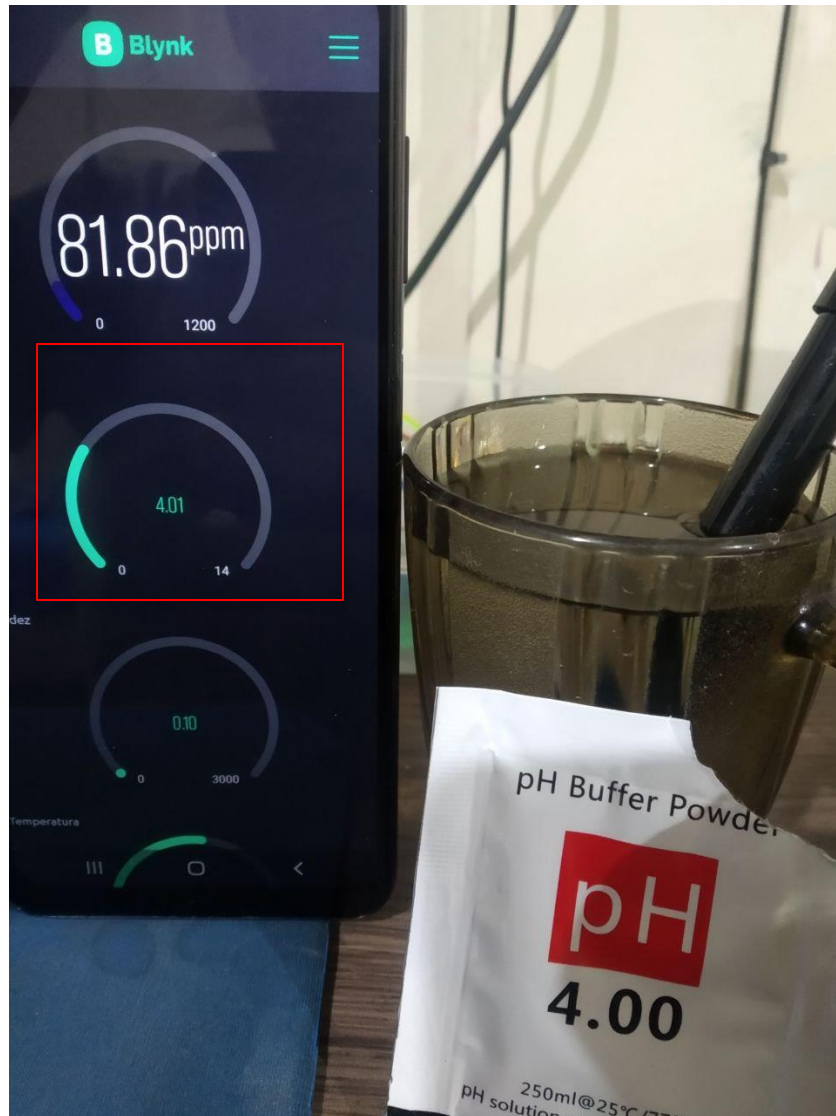
Una vez prepara la solución se procedió a realizar la medición con el dispositivo comercial y después se procedió realizar las mediciones con el prototipo para comparar las mediciones. Luego se procedió calibrar el sensor de pH del prototipo para obtener la medición indicada en la solución.

Figura 23: Medición con dispositivo comercial de solución de 4.00 pH



Nota. Elaboración propia.

Figura 24: Medición de solución 4.00 pH con prototipo.



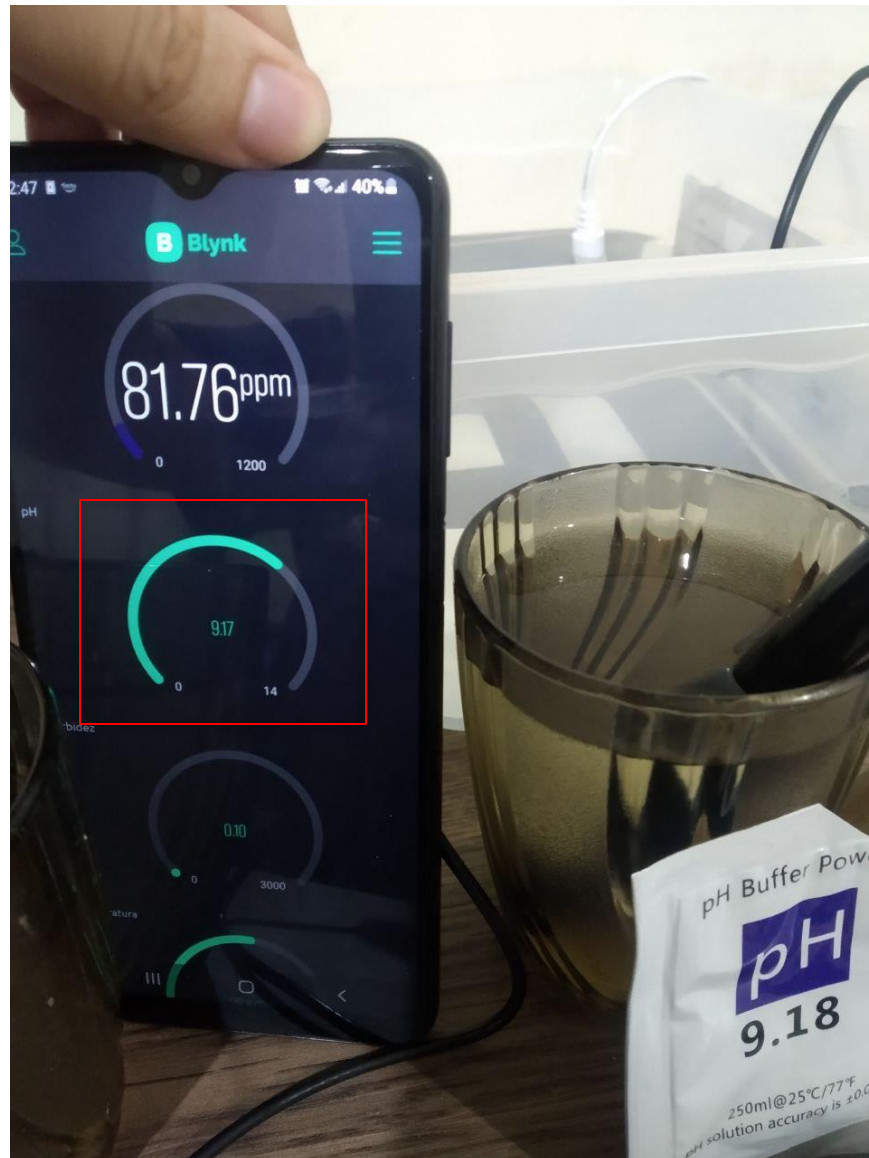
Nota. Elaboración propia.

Figura 25: Medición de solución 9.18 pH con dispositivo comercial.



Nota. Elaboración propia.

Figura 26: Medición de solución 9.18 pH con el prototipo.



Nota. Elaboración propia.

Luego de realizar las mediciones con las soluciones de pH conocido se realizó una medición de una muestra de agua tanto con el dispositivo comercial y el prototipo. Luego se compararon las mediciones si son similares y se verificó la diferencia entre ellas.

Figura 27: Medición de muestra de agua con pH desconocido del dispositivo comercial.



Nota. Elaboración propia.

Figura 28: Medición de muestra de agua con pH desconocido por el prototipo.



Nota. Elaboración propia.

4.7.2 Comparativa con Equipos de Laboratorio

Se procedió a realizar mediciones en el Consorcio ILM un laboratorio de tratamiento de agua. Estas mediciones permitieron comparar las mediciones del prototipo con equipamientos de alta precisión de laboratorios certificados. Se realizaron mediciones de tres variables total de solidos disueltos, pH y turbidez del agua. Para realizar las mediciones se procedió a tomar

diferentes muestras en vasos precipitados en las instalaciones del laboratorio. Para recolectar las muestras se procedió a seguir un protocolo. Las muestras se recogieron de dos cisternas. Para recoger la muestra se usan tres recipientes. Primero en un valde grande, el cual se procedió a enjuagar tres veces con el agua de la cisterna, se tomó agua de la cisterna. Posterior se tomó agua en un jarro del valde, de igual marea que el valde se enjuago el jarro tres veces con el agua del valde. Por último, se procedió a tomar agua del jarro en un frasco de vidrio el cual también se enjuago tres veces con el agua del jarro.

Figura 29: Recolección de muestra desde cisterna



Nota. Elaboración propia.

Figura 30: Almacenamiento de muestra en frasco.



Nota. Elaboración propia.

Después se procedió a poner las muestras en vasos de precipitados los cuales fueron lavados previamente con agua destilada. Se usaron 4 vasos de precipitados dos con la muestra uno y dos para medir con el prototipo y dos para medir con los equipos de laboratorio. Primero se procedió a medir el pH de las muestras para lo cual se procedió a calibrar tanto el prototipo como los instrumentos del laboratorio con soluciones de pH 4.01, pH 7.00 y pH 10.01. Para medir cada solución primero se procedió a limpiar los sensores con agua destilada y secarlos.

Figura 31: Calibración de instrumento de medición de pH del laboratorio



Nota. Elaboración propia.

Figura 32: Calibración de sensor de pH del prototipo.



Nota. Elaboración propia.

Una vez calibrado los instrumentos se procedió a realizar las mediciones de las muestras. Primero se midió la muestra uno y después la muestra dos. Se limpio el sensor con agua destilada y se seco antes de medir las muestras. Anotado las mediciones se compararon para ver la diferencia entras las medidas del prototipo y los instrumentos del laboratorio.

Figura 34: Medición de pH muestra uno con prototipo



Nota. Elaboración propia.

Figura 35: Medición de pH muestra dos del equipo de laboratorio



Nota. Elaboración propia.

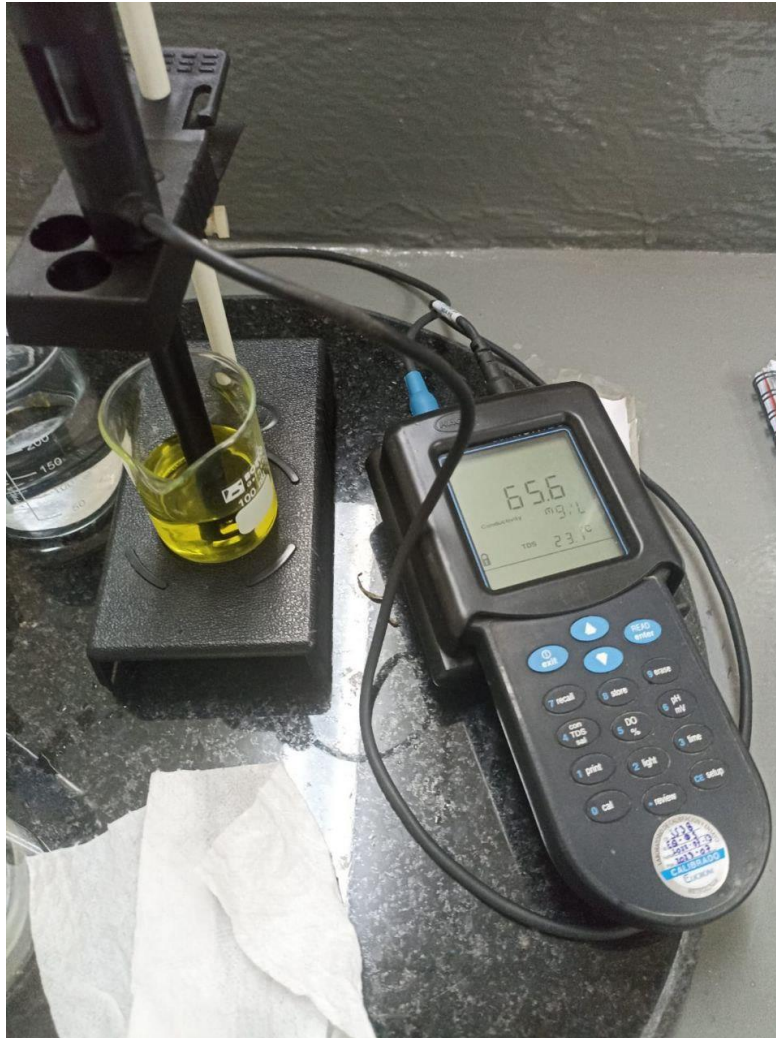
Figura 36: Medición de pH muestra dos con prototipo



Nota. Elaboración propia.

El segundo parámetro que se procedió a medir fue los sólidos disueltos totales. Se procedió calibrar los sensores antes de medir las muestras. De igual manera que con la medición anterior antes de medir cada muestra se procedió a lavar el sensor con agua destilada y secarlo. Una vez se anotaron las mediciones obtenidas se procedió a comparar la diferencia entre los sensores de los instrumentos de laboratorio y el prototipo.

Figura 37: Medición de TDS muestra uno del equipo de laboratorio



Nota. Elaboración propia.

Figura 38: Medición de TDS muestra uno con prototipo



Nota. Elaboración propia.

Figura 39: Medición de TDS muestra dos del equipo de laboratorio



Nota. Elaboración propia.

Figura 40: Medición de TDS muestra dos con prototipo



Nota. Elaboración propia.

El ultimo parámetro que se midió fue la turbidez del agua. De igual que en las mediciones de los parámetros anteriores se procedió calibrar los equipos de medición. Y antes de tomar la medida de cada muestra se procedió a limpiar los sensores con agua destilada y

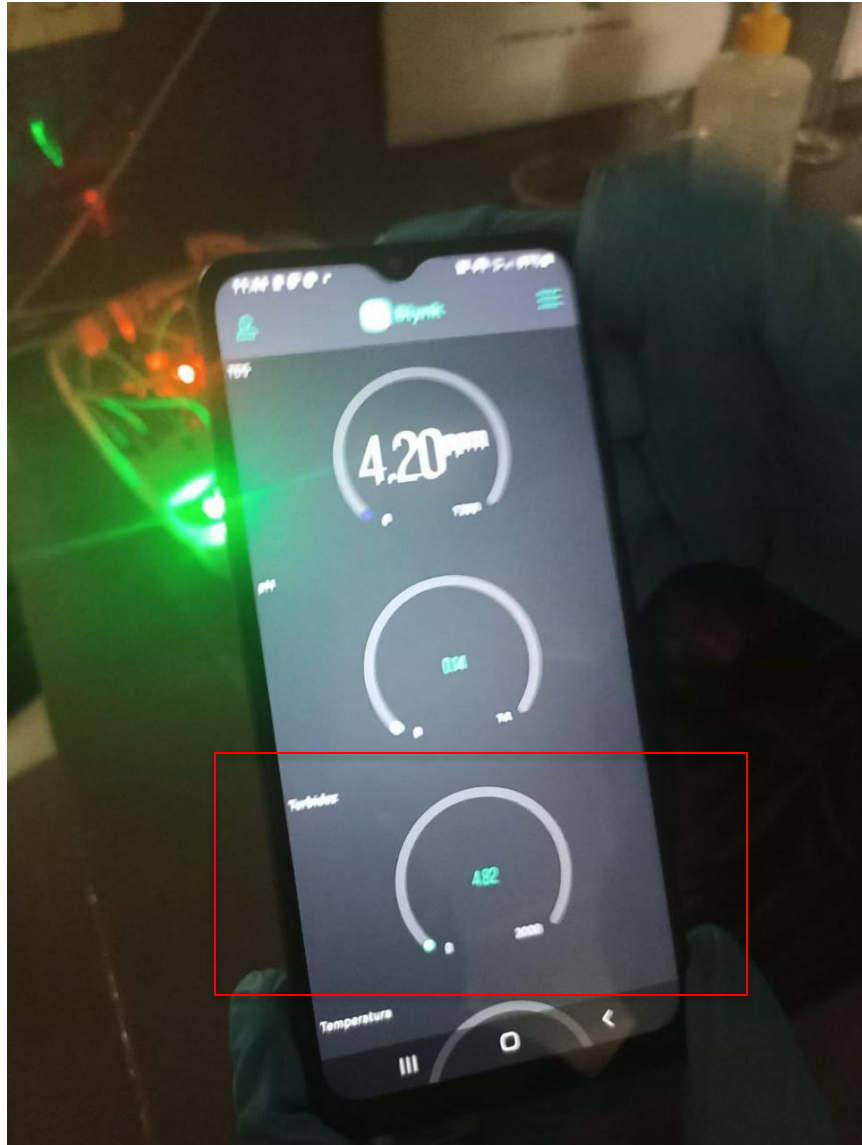
secarlos. Una vez registrado los valores de las mediciones se procedió a ver la comparación de las mediciones.

Figura 41: Medición de Turbidez muestra uno del equipo de laboratorio



Nota. Elaboración propia.

Figura 42: Medición de Turbidez muestra uno con prototipo



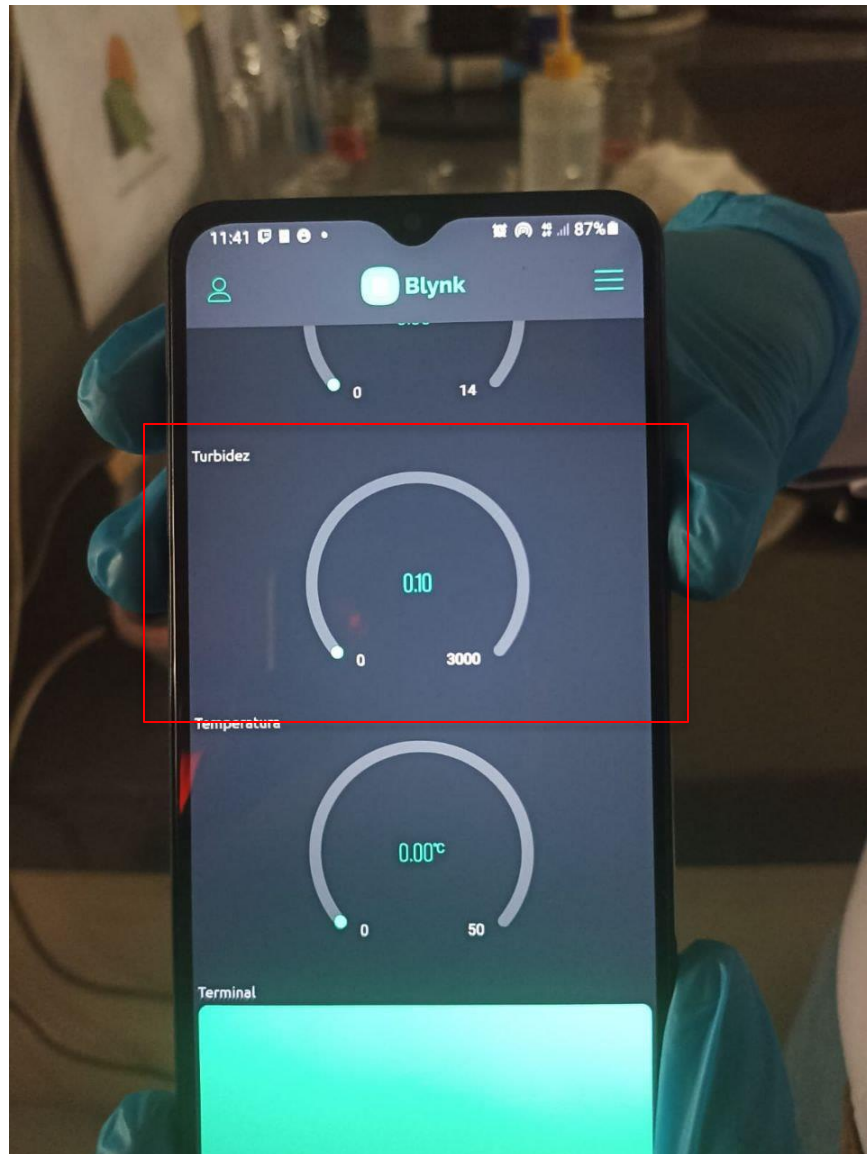
Nota. Elaboración propia.

Figura 43: Medición de Turbidez muestra dos del equipo de laboratorio



Nota. Elaboración propia.

Figura 44: Medición de Turbidez muestra dos con prototipo



Nota. Elaboración propia.

4.8 Justificación del bajo costo

En esta sección se compara el precio del hardware y software utilizado para la construcción del prototipo de manera manual. Y los precios de los instrumentos de medición que se encuentran disponibles en el mercado para la medición de la calidad del agua. Solo se pudo encontrar dispositivos para medir el pH, la temperatura y los sólidos disueltos totales. En el

caso para medir la turbidez del agua solo se encuentra disponibles turbidímetros de alta precisión para laboratorios especializados. Cabe señalar que los instrumentos comerciales no cuentan con la capacidad de enviar las mediciones a un dashboard en internet.

Tabla 12: Tabla de costos de los materiales utilizados

Cantidad	Material	Precio Unitario	Total
1	Arduino Uno	\$ 16.90	\$ 16.90
1	ESP32	\$ 24.99	\$ 24.99
1	Sensor KS0429	\$ 13.89	\$ 13.89
1	Sensor KS0414	\$ 13.98	\$ 13.98
1	Sensor SEN0161	\$ 23.88	\$ 23.88
1	Sensor DS18B20	\$ 4.49	\$ 4.49
1	Blynk	\$ 0.00	\$ 0.00
Total			\$ 98.13

Nota. Elaboración propia.

Tabla 13: Tabla de precios aproximados de Medidores de calidad del agua

Dispositivo	Precio aproximado
Medidor de pH	A partir de los \$ 15
Medidor de TDS	A partir de los \$ 15
Turbidímetros	A partir de los \$ 137.98
Termómetro impermeable	A partir de los \$ 9.88

Nota. Elaboración propia.

Conclusiones

Durante todo el proceso de desarrollo del presente trabajo de titulación realizado en un domicilio de la ciudadela Kennedy de la ciudad de Guayaquil y en el laboratorio ILM; en la que se incluye investigación, recolección de requisitos, desarrollo e implementación de prototipo; podemos concluir que los objetivos planteados se pudieron cumplir. Tanto el análisis y definición de las variables a monitorear, análisis y selección de las herramientas a utilizar y el diseño, desarrollo e implementación de un prototipo de monitoreo de la calidad del agua en un domicilio en el sector céntrico de la ciudad de Guayaquil. A través del levantamiento de observaciones a lo largo y ancho de los límites planteados, como a su vez en las revisiones bibliográficas y teórica se comprendieron de manera eficaz la importancia de la calidad del agua en la vida de las personas.

Observando los datos recolectados en las dos comparativas de mediciones, tanto con los dispositivos que se encuentran a la venta para la calidad del agua como la comparativa los instrumentos de medición del laboratorio visitado en el proceso de este trabajo. Se puede apreciar que las mediciones obtenidas con el prototipo se pueden considerar fiables, ya que se obtuvieron mediciones similares en la mayoría de los casos. Aunque hay un margen mejorable para las mediciones del prototipo integrando tarjetas electrónicas con puertos analógicos de 12 bits para tener mediciones con mayor precisión. De ahí la importancia de tener dispositivos como los propuestos en este trabajo para poder revisar la calidad del agua que se consume en el día a día. Ya que el agua es un recurso escaso y preciado para los seres humanos esta afecta directamente a la calidad de vida que tenemos. La misma afectando a nuestra salud, así como el equilibrio ecológico para las actividades económicas y de desarrollo de los habitantes que habitan un sector determinado.

Otras conclusiones que se pueden determinar de los resultados de este trabajo la importancia de tiene la implementación de proyectos orientados a Internet de las cosas, ya que es muy fácil implementar dispositivos con costos bajos para hacer mediciones y monitoreo de muchos parámetros que afecten a una población determinada. Ya que el internet ha crecido exponencialmente y se puede contar con acceso al en muchos lugares. Aunque muchos de estos dispositivos se pueden configurar para tener sistemas de almacenamiento y de visualización offline en los casos que no se logre tener acceso a conexiones a internet.

Recomendaciones

Se presentan las siguientes recomendaciones para trabajos similares al propuestos:

- La implementación de este sistema en los domicilios de las personas de tal manera que puedan comprobar la calidad del agua que llega al sistema de tuberías que tienen instalado en sus casas.
- Se puede implementar para monitoreo de la calidad de agua para las piscinas ya que permite medir el pH y la turbidez.
- Implementar una carcasa de protección impermeable para una implementación como dispositivo final que proteja el hardware de las diferentes adversidades del ambiente como la humedad, la lluvia, el polvo, etc.
- Calibrar los sensores con regularidad para garantizar que las mediciones tenga una buena precisión.
- Implementar un display para poder visualizar los valores que se monitorean desde el mismo dispositivo y poder implementar el sistema en lugares que no cuenten a una conexión a internet.
- Se recomienda la implementación de más sensores al sistema que puedan ayudar mejorar los análisis que se pueden realizar con el dispositivo. Y de esta manera abarcar las necesidades de más sectores como la industria de las camaroneras donde otro parámetro a medir puede ser la cantidad de oxígeno disuelto del agua.
- Implementar una tarjeta electrónica que cuente con puertos analógicos de 12 o más bits para conectar los sensores de manera que la lectura de los sensores sea más precisa.
- Realizar la mediciones del sensor de turbidez con un recubrimiento que impida el paso de la luz del ambiente para que no interfiera en las mediciones.

Referencias

- Aliexpress. (s. f.). 13.24US \$ 22% de DESCUENTO|LILYGO® TTGO T Call V1.4 módulo inalámbrico t call V1.4 SIM800L ESP32, antena SIM, WiFi, desarrollo Bluetooth, ampliar placa Devkit para Arduino|Módulo inalámbrico|—AliExpress. aliexpress.com. Recuperado 25 de agosto de 2022, de [//es.aliexpress.com/item/33045221960.html?src=ibdm_d03p0558e02r02&sk=&aff_platform=&aff_trace_key=&af=&cv=&cn=&dp=](https://es.aliexpress.com/item/33045221960.html?src=ibdm_d03p0558e02r02&sk=&aff_platform=&aff_trace_key=&af=&cv=&cn=&dp=)
- Andrés, M. B. (2021). Internet de las Cosas. Editorial Reus.
- Apaza Condori, D. (2017). Microcontroladores PIC fundamentos y aplicaciones un enfoque didáctico. Universidad Autónoma San Francisco. <http://repositorio.uasf.edu.pe/handle/UASF/87>
- Arduino Team. (2019, febrero 6). Announcing the Arduino IoT Cloud Public Beta. Arduino Blog. <https://blog.arduino.cc/2019/02/06/announcing-the-arduino-iot-cloud-public-beta/>
- Arduino.cc. (2018, febrero 5). What is Arduino? <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Baeza Gómez, E. C. |. (2017, enero 31). Calidad del Agua. - Asesorías Parlamentarias BCN. Búsqueda por Categoría Temática [Text]. bcn.cl; BCN. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. https://www.bcn.cl/asesoriasparlamentarias/www.bcn.cl/asesoriasparlamentarias/detalle_documento.html?id=70193
- Blynk. (s. f.). About us | Blynk. Recuperado 10 de julio de 2022, de <https://blynk.io/about>
- Burstein-Roda, T. (2018). Reflexiones sobre la gestión de los recursos hídricos y la salud pública en el Perú. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, 35(2), 297-303. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3641>

- Cortés Cortés, M. E., Iglesias León, M., & Universidad Autónoma del Carmen (Campeche). (2004). Generalidades sobre metodología de la investigación. Universidad Autónoma del Carmen.
- DFRobot. (s. f.-a). Impermeable_DS18B20_Digital_Temperature_Sensor__SKU_DFR0198_-DFRobot. Recuperado 26 de agosto de 2022, de https://wiki.dfrobot.com/Waterproof_DS18B20_Digital_Temperature_Sensor__SKU_DFR0198_
- DFRobot. (s. f.-b). PH_meter_SKU__SEN0161_-DFRobot. Recuperado 26 de agosto de 2022, de https://wiki.dfrobot.com/PH_meter_SKU__SEN0161_
- Espinosa Ramírez, A. J. (2018). El agua, un reto para la salud pública: La calidad del agua y las oportunidades para la vigilancia en salud ambiental. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/63149>
- INEN. (2017). AGUA PURIFICADA ENVASADA. REQUISITOS. INEN Servicio Ecuatoriano de Normalización. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2200-2.pdf
- INEN. (2022). AGUA PARA CONSUMO HUMANO. REQUISITOS. INEN Servicio Ecuatoriano de Normalización. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjg-bC-ueX5AhVBl2oFHQ7sBlgQFnoECAsQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.normalizacion.gob.ec%2Fbuzon%2Fnormas%2F1108.pdf&usg=AOvVaw0XUk4z56UTfD-Nd2S61DTB>

- Keyestudio. (2021a, enero 7). KS0414 Sensor de turbidez Keyestudio V1.0—Keyestudio Wiki.
https://wiki.keyestudio.com/KS0414_Keyestudio_Turbidity_Sensor_V1.0
- Keyestudio. (2021b, enero 7). KS0429 keyestudio TDS Meter V1.0—Keyestudio Wiki.
https://wiki.keyestudio.com/KS0429_keyestudio_TDS_Meter_V1.0
- Lekshmi Prasad, S., & Mophin Kani, K. (2017). Water Quality Assessment of Ashtamudi Lake Using Nsfwqi. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. https://www.researchgate.net/profile/Mophin-Kani-Kani/publication/320891991_Water_Quality_Assessment_of_Ashtamudi_Lake_Using_Nsfwqi/links/5a0132a3aca2725286e28eff/Water-Quality-Assessment-of-Ashtamudi-Lake-Using-Nsfwqi.pdf
- Maida, E. G., & Pacienza, J. (2015). *Metodologías de desarrollo de software*. 117.
- Ministerio del Ambiente. (2020, abril). Ministerio del Ambiente | Ecuador—Guía Oficial de Trámites y Servicios. <https://www.gob.ec/mae>
- NCI. (2011, febrero 2). Definición de pH - Diccionario de cáncer del NCI - NCI (nciglobal,ncienterprise) [NciAppModulePage].
<https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/ph>
- Nivia Vargas, A. M., & Jaramillo Jaramillo, I. (2018). La industria de sensores en Colombia. *Tecnura*, 22(57), 44-54. <https://doi.org/10.14483/22487638.13518>
- Novillo-Vicuña, J., Rojas, D. H., Olivo, B. M., Ríos, J. M., & Villavicencio, O. C. (2018). *Arduino y el Internet de las cosas*. 3Ciencias.
- Omega Perú S.A. (2019, junio 28). Omega Perú S.A. - Nuevo Método de Sólidos Totales y Sólidos Disueltos Totales—Ahorra tiempo y labor manual. Omega Perú S.A.

<https://omegaperu.com.pe/nuevo-metodo-de-solidos-totales-y-solidos-disueltos-totales-ahorra-tiempo-y-labor-manual1/>

OMS. (2022, marzo 21). Agua para consumo humano. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Organización Mundial de la Salud. (2018). Guías para la calidad del agua de consumo humano: Cuarta edición que incorpora la primera adenda. Organización Mundial de la Salud. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/272403>

PlatformIO. (s. f.). PlatformIO is a professional collaborative platform for embedded development. PlatformIO. Recuperado 9 de julio de 2022, de <https://platformio.org>

Poonam, T., Tanushree, B., & Sukalyan, C. (2015). WATER QUALITY INDICES- IMPORTANT TOOLS FOR WATER QUALITY ASSESSMENT: A REVIEW. International Journal of Advances in Chemistry. <https://doi.org/10.5121/ijac.2015.1102>

quimica.es. (s. f.). Temperatura. Recuperado 10 de julio de 2022, de <https://www.quimica.es/enciclopedia/Temperatura.html>

Rodríguez, S. B. (2022). Análisis Multitemporal Índice Calidad Del Agua (ICA) Cuenca Río Portoviejo. UTCiencia «Ciencia y Tecnología al servicio del pueblo», 9(1), 1-9.

Tecmikro. (s. f.). Arduino® UNO R3: Características. Recuperado 25 de agosto de 2022, de <https://tecmikro.com/content/17-arduino-uno-r3-caracteristicas>

Teja, R. (2021, febrero 17). Introduction to ESP32 | Specifications, ESP32 DevKit Board, Layout,. Electronics Hub. <https://www.electronicshub.org/getting-started-with-esp32/>

VisualStudio.com. (2022, julio 7). Visual Studio Code Frequently Asked Questions. <https://code.visualstudio.com/docs/supporting/faq>



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Jhon Erick Peña Aguilar**, con C.C: # 0704452374 autor/a del trabajo de titulación:
“Prototipo para sistema de monitoreo de calidad del agua potable para cisternas de domicilios área céntrica de Guayaquil sector Kennedy”, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Ciencias de la Computación** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **22 de septiembre del 2022**

f. _____

Nombre: **Jhon Erick Peña Aguilar**

C.C: **0704452374**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA		
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN		
TEMA Y SUBTEMA:	"Prototipo para sistema de monitoreo de calidad del agua potable para cisternas de domicilios área céntrica de Guayaquil sector Kennedy"	
AUTOR(ES)	Jhon Erick Peña Aguilar	
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Morejón Campoverde José Lenin	
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil	
FACULTAD:	Ingeniería	
CARRERA:	Ingeniería en Ciencias de la Computación	
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero en Ciencias de la Computación	
FECHA DE PUBLICACIÓN:	22 de septiembre del 2022	No. DE PÁGINAS: 100
ÁREAS TEMÁTICAS:	IoT, Calidad del agua, Calidad de vida, Contaminación, Tecnología, Monitoreo de datos.	
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Calidad del agua, pH, tds, turbidez, temperatura, arduino, esp32	
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):		
<p>La calidad del agua es de vital importancia para la calidad de vida de las personas según detallan en diversas publicaciones de estudios, ya que la consumimos y utilizamos para muchas actividades. El presente trabajo de titulación realiza un prototipo de un sistema de monitoreo de la calidad del agua de bajo costo que se implementó en un domicilio en la ciudadela Kennedy de la ciudad de Guayaquil. El sistema envía los datos obtenidos a un dashboard en la nube para la visualización de los mismo a través de un computador o un teléfono inteligente. Los datos fueron obtenidos a través de los sensores DS18B20, KS0429, KS0414 y SEN0161. Se realizaron comparaciones de las mediciones del prototipo con otros medidores disponibles en el mercado e instrumentos de medición de un laboratorio certificado. De esta forma se comprobó la fiabilidad de las mediciones del prototipo. Las mediciones obtenidas a lo largo del proyecto indican que la calidad de agua en el sector donde se realizó las mediciones se encuentran dentro los rangos recomendados por entidades internacionales y nacionales.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-989768084	E-mail: johnpa9304@gmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Toala Quimí, Edison José	
	Teléfono: +593- 990-976776	
	E-mail: edison.toala@cu.ucsg.edu.ec	
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA		
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):		
Nº. DE CLASIFICACIÓN:		
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		