



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO
MEDIANTE EL MODELO DE IOT PARA OPTIMIZAR LA
GESTIÓN DE NIVELES DE CONTAMINACIÓN DEL LAGO
TITICACA, PUNO 2023**

TESIS

PRESENTADA POR:

JHON OMAR MAMANI CANSAYA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PUNO – PERÚ

2024



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
MONITOREO MEDIANTE EL MODELO DE
IOT PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE N
IVELES DE CONTAMINACIÓN DEL LAGO
TITICACA, PUNO 2023**

AUTOR

Jhon Omar Mamani Cansaya

RECuento DE PALABRAS

15585 Words

RECuento DE CARACTERES

90316 Characters

RECuento DE PÁGINAS

104 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

1.6MB

FECHA DE ENTREGA

Jun 20, 2024 6:51 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jun 20, 2024 6:53 AM GMT-5

● **13% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 11% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)


Ing. Eddy Torres Mamani
CIP. 119504
ING. ELECTRÓNICO


Karlo Alexander Cantuta Chirapo
Subdirector de Investigación
E.P.I.C.

Resumen



DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación. A mis queridos padres, Felix y Benigna y hermano Víctor quien con su constante apoyo y orientación logré una de las metas más importantes de mi vida.

Jhon Omar Mamani Cansaya



AGRADECIMIENTOS

Primero, dar gracias a Dios por fortalecer nuestros corazones e inspirar nuestros pensamientos.

A la escuela profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional del Altiplano, porque fue un espacio de aprendizaje donde podía desarrollar mi capacidad académica.

Gracias a mi asesor, M.Sc Eddy Torres Mamani por su liderazgo, esto me permitió realizar la presente investigación con severidad y determinación.

Gracias a los docentes de la EPIE por sus enseñanzas para defenderme en el mundo real.

Jhon Omar Mamani Cansaya



ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

ACRÓNIMOS

RESUMEN 14

ABSTRACT..... 15

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 16

1.1.1. Descripción de la situación problemática 18

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 19

1.2.1. Problema General..... 19

1.2.2. Problema Específico..... 19

1.3. JUSTIFICACIÓN DE PROBLEMA 19

1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN 20

1.4.1. Objetivo General 20

1.4.2. Objetivos Específicos..... 20

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO 21



2.1.1.	Antecedentes Internacionales.....	21
2.1.2.	Antecedentes nacionales	25
2.2.	SUSTENTO TEÓRICO.....	28
2.2.1.	Sensores.....	28
2.2.2.	Sensores analógicos	43
2.2.3.	Módulo SP32.....	47
2.2.4.	ThingSpeak	48
2.2.5.	Apectos del Clima	49
2.2.6.	Parámetros Climáticos	50
2.2.7.	Niveles de Contaminación	56
2.2.8.	IoT Plataforma.....	59
2.3.	HIPÓTESIS	61
2.3.1.	Hipótesis General	61
2.3.2.	Hipótesis Específica	62

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	63
3.1.1.	Tipo de Investigación	63
3.1.2.	Enfoque de investigación	63
3.1.3.	Diseño de investigación	63
3.1.4.	Nivel de investigación.....	64
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACION	64
3.2.1.	Población.....	64
3.2.2.	Muestra	64
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	65



3.3.1. Técnicas de Recolección de Datos	65
3.3.2. Instrumentos empleados.....	65
3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	65
3.5. DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	66
3.5.1. Ubicación y Descripción de la Investigación.....	66

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DIAGRAMA DEL PROYECTO	69
4.1.1. Diseño de Pistas	70
4.1.2. Simulación en Proteus.....	71
4.2. PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO EN ARDUINO	71
4.3. SERVICIOS EN LA NUBE THINGSPEAK.....	74
4.4. ARMADO DEL PROYECTO.....	76
4.5. ZONA DEL PROYECTO.....	78
4.6. PRUEBAS Y RESULTADOS.....	80
4.6.1. Descripción de la toma de muestras.....	80
4.6.2. Margen de Error en las Mediciones	89
4.6.3. Resultados de Medición del Consumo de Energía.....	91

V. CONCLUSIONES	94
------------------------------	-----------

VI. RECOMENDACIONES.....	96
---------------------------------	-----------

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97
---	-----------

ANEXOS.....	101
--------------------	------------

Área: Telecomunicaciones

Tema: Internet de las Cosas

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 26 de junio del 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Parámetros climáticos y su unidad de medida	51
Tabla 2 Datos recogidos durante el periodo de muestreo en el Lago Titicaca.....	84



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Consumo de agua subterránea en Lago Titicaca	18
Figura 2 Componente nodo secundaria de calidad de aire por González R. (2019)	22
Figura 3 Propuesta de conexiones a Tarjeta Arduino Mega por Hinestroza C. (2019) .	23
Figura 4 Propuesta de conexión para sensor de pH por Silva T. y Coello H. (2020)	24
Figura 5 Funcionamiento del hardware del proyecto	26
Figura 6 Sensor de humedad de suelo unido a tierra y sensor de luz en superficie externa	27
Figura 7 Potenciómetro.....	30
Figura 8 Estructura de un potenciómetro.....	30
Figura 9 Válvula mariposa con sensor potenciométrico.....	31
Figura 10 Sensor de posición de válvula mariposa. Pista de material resistivo (izquierda) y contacto deslizante (derecha)	31
Figura 11 Potenciómetros de movimiento lineal	32
Figura 12 Diferentes tipos de RDT	33
Figura 13 Termistores	34
Figura 14 Sensor tipo NPN y forma de conexión.....	35
Figura 15 Sensor tipo PNP y forma de conexión.....	36
Figura 16 Sensor tipo PNP y forma de conexión.....	36
Figura 17 Curva característica	38
Figura 18 Comportamiento de subida en un sensor.....	41
Figura 19 Histéresis en un sensor	42
Figura 20 Sensor de temperatura y humedad DS18B20.....	44
Figura 21 Sensor de calidad de aire MQ136	45



Figura 22 Sensor de radiación ultravioleta (UV) ML8511	46
Figura 23 Módulo SP32.....	48
Figura 24 Impacto de la contaminación del agua	57
Figura 25 Ubicación de la Investigación	66
Figura 26 Accesibilidad y delimitación de la zona de estudio.....	67
Figura 27 Esquema SP32.....	69
Figura 28 Esquema componentes	70
Figura 29 Pistas SP32	70
Figura 30 Simulación en Proteus	71
Figura 31 Programación en el Arduino.....	74
Figura 32 Diagrama de Bloques del servidor	74
Figura 33 Creación de nuevo canal en plataforma	75
Figura 34 Asignación del nombre del proyecto y parámetros de temperatura	75
Figura 35 Incorporación de Código en Write Api Key	76
Figura 36 Metodología de trabajo de la nube ThingSpeak.....	76
Figura 37 Representación armada del Proyecto	77
Figura 38 Área de monitoreo	78
Figura 39 Zona de las pruebas	79
Figura 40 Página ThingSpeak.....	80
Figura 41 Creación de cuenta	80
Figura 42 Enlace de librerías de Arduino	81
Figura 43 Actualización cada 15 segundos de los registros de parámetros.....	82
Figura 44 Registro de parámetros Intensidad UV	83
Figura 45 Registro de parámetros Temperatura.....	83
Figura 46 Registro de parámetros Calidad de Aire.....	84



Figura 47 Temperatura durante el muestreo en Lago Titicaca.....	85
Figura 48 Radiación UV durante el muestreo en Lago Titicaca.....	86
Figura 49 Calidad del aire durante el muestreo en Lago Titicaca	86
Figura 50 Concentración de CO ₂ , y su impacto en la salud.....	87
Figura 51 Calidad del Aire durante el monitoreo IoT.....	88



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1: Panel Fotográfico	101
ANEXO 1: Declaración jurada de autenticidad de tesis.....	103
ANEXO 3: Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional.....	104



ACRÓNIMOS

MEF:	Ministerio de Economía y Finanzas
MINAM:	Ministerio del Ambiente
UNA:	Universidad Nacional del Altiplano
UV:	Radiación ultravioleta
IoT:	Internet de las Cosas
INCA:	Índice de Calidad de Aire
DS:	Decreto Supremo
ANA:	Autoridad Nacional del Agua
OEFA:	Agencia de Evaluación y Fiscalización Ambiental
PPM:	Partes por Millón
CO ₂ :	Dióxido de Carbono
PM:	Partículas Materia



RESUMEN

En la investigación se desarrolló y aplicó un sistema de monitoreo ambiental basado en el modelo de Internet de las Cosas (IoT) y software libre, específicamente dirigido a evaluar los indicadores de contaminación como la temperatura, humedad, calidad del aire (INCA), y radiación ultravioleta (UV) en el Lago Titicaca. Empleando una metodología exploratoria de tipo cuantitativo con un diseño correlacional, este estudio sigue los parámetros establecidos por el Decreto Supremo N° 004-2017.MINAM para lagunas y lagos. La recopilación de datos se llevó a cabo tres veces por semana desde el 4 hasta el 16 de diciembre, seleccionando lunes, miércoles y viernes para obtener una muestra representativa que refleje las variaciones ambientales a lo largo de la semana. Cada día de muestreo se programó para capturar datos en tres momentos clave: mañana, mediodía y tarde, permitiendo así un análisis detallado de las fluctuaciones diurnas que impactan directamente los niveles de los parámetros estudiados. La plataforma ThingSpeak, integrada con la biblioteca Arduino, facilitó la observación y el registro de datos, actualizando cada 15 segundos los valores de temperatura, calidad del aire y radiación UV. Durante el período de muestreo, las temperaturas variaron entre 17 °C y 20.56 °C, mientras que el índice UV mostró valores atípicamente negativos, lo que sugiere la necesidad de recalibrar los sensores para asegurar la precisión de las mediciones. Además, la calidad del aire se mantuvo entre 1875 y 1915 PPM, indicando niveles que podrían inducir somnolencia, pero aún dentro de un rango no perjudicial a corto plazo según los estándares actuales.

Palabras Clave: Niveles de contaminación, Plataforma IoT, sistema de monitoreo de calidad del ambiente.



ABSTRACT

The study was designed to develop and apply an environmental monitoring system based on the Internet of Things (IoT) model and free software, specifically aimed at evaluating pollution indicators such as temperature, humidity, air quality (INCA), and ultraviolet (UV) radiation in Lake Titicaca. Employing a quantitative exploratory methodology with a correlational design, this study follows the parameters established by Supreme Decree N° 004-2017.MINAM for lagoons and lakes. Data collection was conducted three times per week from December 4 to 16, selecting Mondays, Wednesdays and Fridays to obtain a representative sample that reflects environmental variations throughout the week. Each sampling day was scheduled to capture data at three key times: morning, midday and afternoon, allowing for a detailed analysis of diurnal fluctuations that directly impact the levels of the parameters studied. The ThingSpeak platform, integrated with the Arduino library, facilitated observation and data logging, updating temperature, air quality and UV radiation values every 15 seconds. During the sampling period, temperatures ranged from 17 °C to 20.56 °C, while the UV index showed atypically negative values, suggesting the need to recalibrate the sensors to ensure measurement accuracy. In addition, air quality remained between 1875 and 1915 PPM, indicating levels that could induce drowsiness, but still within a range not harmful in the short term by current standards.

Keywords: Pollution levels, IoT Platform, environmental quality monitoring system



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los ríos que desembocan en el Lago Titicaca están contaminados por metales pesados, aguas residuales y sedimentos, lo que pone en riesgo la salud de quienes dependen de estas aguas (Orihuela, 2023). Estudios científicos han demostrado que esta contaminación afecta tanto a los seres humanos como a los animales y plantas locales. No obstante, las autoridades de Puno aún no han pasado del diálogo a la acción concreta para enfrentar este problema.

La contaminación del Lago Titicaca es una preocupación ambiental seria. Investigaciones de diversas autoridades, como la Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y la Agencia de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), confirman esta situación (Orihuela, 2023). El lago recibe contaminantes de diferentes fuentes, incluyendo metales pesados de actividades mineras, aguas residuales de áreas urbanas de Puno, y desechos plásticos de Bolivia y Perú (Mendoza, 2022).

Los ríos que alimentan el lago están disminuyendo su caudal, dejando comunidades afectadas por la contaminación, con metales pesados en sus aguas y ecosistemas, y residuos fecales que amenazan el turismo local. Los siete cuerpos de agua que conforman el Lago Titicaca en el sur de Perú están contaminados con metales pesados, según estudios de la ANA. Uno de estos es el río Suches, que nace en el distrito de Ananea, donde se encuentra La Rinconada, la mina informal más alta del mundo (Orihuela, 2023). El análisis de calidad del agua de la ANA en 2021 reveló niveles de



aluminio, azufre, manganeso y fluoruro por encima de los límites permitidos para consumo humano y uso agrícola (Mendoza, 2022).

Según Félix Suasaca, líder del Frente Unificado de Defensa Contra la Contaminación del Río Coata y el Lago Titicaca, el distrito de Coata, cercano al lago, ha sido gravemente afectado. La zona, antes una próspera región agrícola, ahora está casi deshabitada. Muchas familias se han mudado a otras ciudades como Juliaca, Puno o Arequipa (ROAPUNO, 2017).

El río Coata, vital para la región, está gravemente contaminado por proyectos mineros. Investigaciones de la ANA y el OEFA identificaron 15 áreas contaminadas, con cuatro zonas de recuperación minera y otras áreas afectadas por aguas residuales distribuidas en los distritos de Santa Lucía, Paratía, Vilavila, Palca, Cabanillas, Cabanilla, Lampa, Chilla y Juliaca (DHUMA, 2022). Los contaminantes incluyen plomo, talco, manganeso, zinc y arsénico, además de bacterias coliformes, especialmente en Vilavila y Juliaca, que presentan riesgos de salud significativos, incluyendo la bacteria *Escherichia coli* (Mendoza, 2022).

Un incidente en la región resultó en la inundación de las casas de 120 familias, creando una emergencia comunitaria durante un mes. La OEFA investigó y encontró que el agua de los canales conectados al río Coata tenía altas concentraciones de aluminio, cadmio, zinc, manganeso, plomo y otros contaminantes (OEFA, 2023). Los efectos inmediatos incluyeron problemas respiratorios y cutáneos en los residentes, con numerosos niños y adultos afectados (ROAPUNO, 2017).

Figura 1

Consumo de agua subterránea en Lago Titicaca



Nota. Tomado de (Orihuela, 2023)

Según estudios de las autoridades sanitarias de Puno, el 80% de la población de Coata tiene arsénico en su organismo, y algunos niños y ancianos presentan niveles elevados de mercurio (ROAPUNO, 2017). Un estudio de 2020 encontró altos niveles de mercurio y arsénico en residentes de Capachita, Coata y Huata (Mendoza, 2022).

1.1.1. Descripción de la situación problemática

Uno de los lugares más bellos y misteriosos de América es el Lago Titicaca, el cual actualmente está siendo contaminado por restos de agua que la población ha contaminado. La polución proviene de los residuos sólidos, aguas servidas y residuos. Esta contaminación se debe principalmente al vertido incontrolado de residuos y lodos sobrantes de la mina, que está teniendo un importante impacto negativo en el Lago Titicaca.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema General

¿De qué manera es posible implementar un sistema de Monitoreo usando el modelo IoT para optimizar la gestión de niveles de contaminación del Lago Titicaca, Puno 2023?

1.2.2. Problema Específico

- ¿Cómo es posible desarrollar una Plataforma IoT para integrar dispositivos inteligentes de detección?
- ¿De qué manera es posible modelar un aplicativo Web para identificación de registros históricos y presentes de niveles de contaminación?
- ¿Cómo es posible Integrar recursos electrónicos para medición de parámetros ambientales en el Lago Titicaca?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE PROBLEMA

Según estudios realizados por la Autoridad Nacional del Agua, el arsénico, el plomo, el boro, el hierro, el manganeso y el sodio se encuentran principalmente en los cuerpos de agua que desembocan en el Lago Titicaca. Esto resulta en la falta de recursos hidrológicos para el crecimiento de la economía y sanidad en la zona. De igual forma, a pesar de los llamados de atención de las autoridades de comunidades vecinas al lago más grande del mundo, como las de los sectores de Chilla y Coata, hasta el momento no se ha logrado una solución sólida y duradera. Este impacto ambiental negativo es ocasionado por vertimientos industriales y botaderos ubicados en las riberas del lago. Algunos usuarios incluso arrojan sus residuos directamente al lago. Los niveles de contaminantes en el Lago autónomo presentan una cantidad que adicionalmente son tratados en aquellos vertimientos y/o descargas. Pobladores de los distritos de Huata, Capachica y Coata,



quienes se benefician directamente de las aguas del Lago Titicaca, revelaron la presencia de metales pesados en su sangre, como arsénico y mercurio (Chávez, 2022).

1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Implementar un Sistema de Monitoreo de Niveles de Contaminación en temperatura, humedad, índice de calidad de aire (INCA) e índice de radiación ultravioleta (UV) en el Lago Titicaca, mediante la plataforma IoT ThingSpeak.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Desarrollar plataforma IoT para integrar dispositivos inteligentes de detección
- Modelar aplicativo Web para identificación de registros históricos y presentes de niveles de contaminación
- Integrar recursos electrónicos como Arduino, Raspberry Pi y sensores inteligentes



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

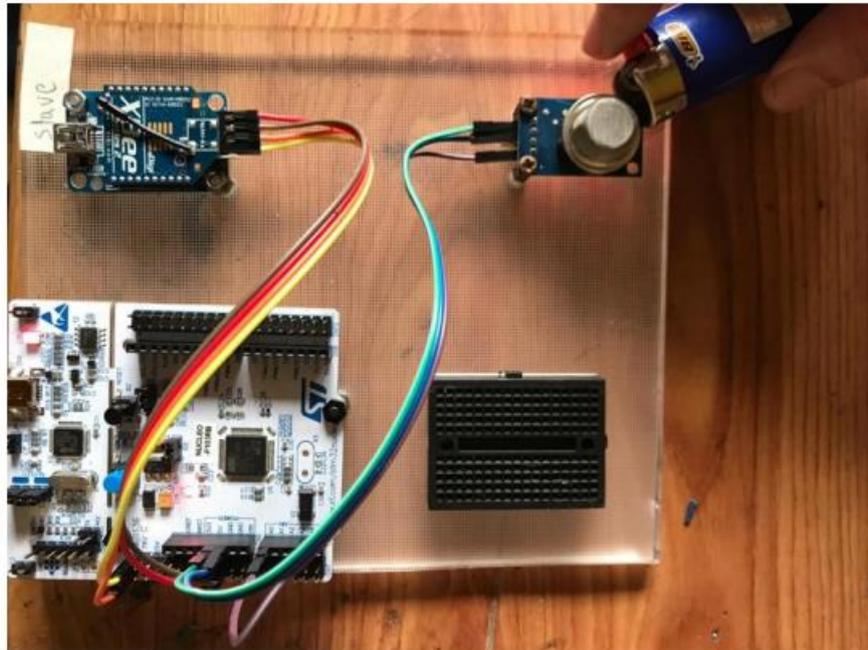
Se describen investigaciones internacionales, nacionales y locales de importante relevancia para desarrollo de la presente investigación.

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Se cita el estudio “Monitoreo ambiental mediante redes de sensores inalámbricos basados en microcontroladores de 32 bits y aplicaciones de módulos de radiofrecuencia en local cerrado” de (González R., 2019). La investigación plantea desarrollar un sistema de monitoreo ambiental en el edificio del estacionamiento de la Universidad de Santiago de Guayaquil utilizando tecnología inalámbrica soportada por una plataforma de microcontrolador de 32 bits. El enfoque es correlacional. Como consecuencia se presentan las mismas referencias a hardware, software y pruebas de prototipos. Según las investigaciones, los microcontroladores pueden utilizar protocolos de comunicación destinados a redes informáticas con pequeñas modificaciones. La red de sensores funciona correctamente hasta una distancia de 40 metros; más allá de eso, los errores aumentan con la distancia. Los sensores utilizados (MQ135, MQ7, LM35) proporcionan una medición muy precisa e instantánea de la calidad del aire en ambientes. El sistema de CO₂, temperatura y calidad del aire propuesto y diseñado podrá utilizarse no sólo en edificios sino también en zonas subterráneas e industriales ya que puede escalarse y adaptarse al espacio mediante redes de sensores inalámbricos.

Figura 2

Componente nodo secundaria de calidad de aire por González R. (2019)



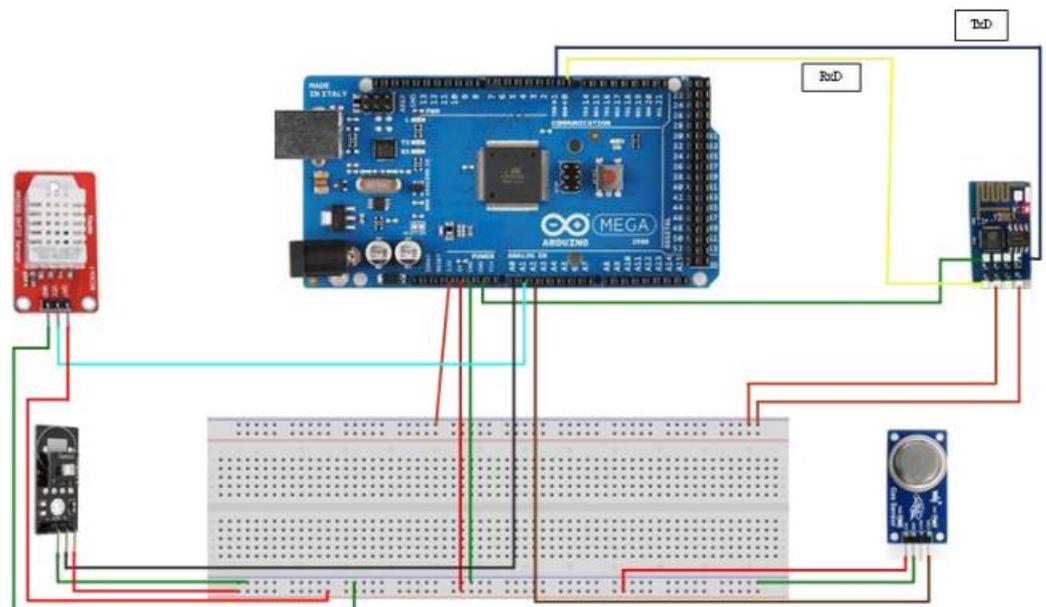
Nota. Tomado de (González R., 2019)

Hinestroza C. (2019) realizó un estudio denominado "Sistema de monitoreo de variables ambientales para gestionar alertas tempranas en la ciudad de Bogotá", cuyo objetivo principal fue diseñar un sistema de monitoreo ambiental para manejar alertas con prontitud con el fin de Prevenir riesgos en la ciudad. Dentro de la metodología de investigación, se propone una metodología amigable que se encuadra dentro de un marco organizado que abarca recolección y análisis de datos mientras se revisa la normativa legislativa vigente en Colombia. La técnica logró ser sencilla y eficaz. La investigación divide el proceso de estudio en cinco fases, las cuales son: definir requisitos, analizar variables y determinar métodos de medición; diseñar, modelar y construir el dispositivo; realización de experimentos y medición de variables; y analizar y evaluar los resultados. La investigación llega a la siguiente conclusión: después de realizar una serie de

indagaciones, se pudo concluir que los datos obtenidos por el dispositivo son increíblemente precisos. Sin embargo, como los datos obtenidos con el dispositivo son parcialmente por millón, se recomienda calibrar el dispositivo a los valores de calidad del aire utilizados por la OMS. Puede producirse en masa a un bajo costo de unos 160 dólares estadounidenses, incluido el cadáver, para completar la recopilación de datos en un corto período de tiempo en varios lugares. Esto crea una red de monitoreo para toda la ciudad, permitiendo a los ciudadanos e instituciones acceder en tiempo real. El uso de la plataforma IoT gratuita ThingSpeak le permite ver y mostrar gráficamente datos de hasta ocho sensores diferentes simultáneamente para cada dispositivo y, si es necesario, configurar alertas de Twitter.

Figura 3

Propuesta de conexiones a Tarjeta Arduino Mega por Hinestroza C. (2019)

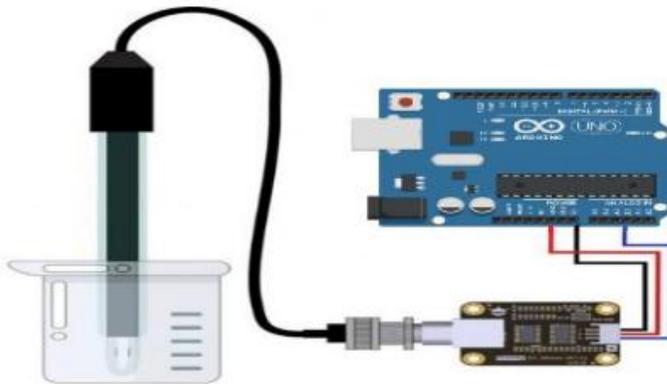


Nota. Tomado de (Hinestroza C., 2019)

A su vez Silva T. y Coello H. (2020), en su investigación "Diseño e implementación de un sistema de monitoreo en tiempo real para sensores de temperatura, turbidez, TDS y pH para mejorar la calidad del agua utilizando la tecnología LoRaWan". La meta central del estudio consistió en desarrollar un sistema en tiempo real con sensores de temperatura, turbidez, sólidos disueltos totales (TDS) y pH, empleando tecnología LoRaWan para analizar la calidad del agua.

Figura 4

Propuesta de conexión para sensor de pH por Silva T. y Coello H. (2020)



Nota. Tomado de (Silva T. y Coello H., 2020)

Dentro de la metodología de la investigación se propone una técnica mediante el uso de procesos e instrumentos utilizados para recolectar, almacenar y analizar datos. En las pruebas y análisis de resultados se proponen pruebas funcionales, recolección y visualización de datos, simulación radio móvil y pruebas en tanque de agua cruda y procesada. La investigación llegó a la siguiente conclusión: sólo utilizando software libre, como en el caso de Arduino y App Inventor, fue posible construir un sistema de monitorización. Dado que el equipo estaría de servicio todos los días, no es necesario proporcionar datos cada diez



segundos, por lo que las interfaces se programaron para mostrar valores cada tres minutos. Emplear dispositivos LoRa representa una opción que facilita la conexión a grandes distancias, a diferencia de otras tecnologías como Zigbee o Zigfox, que se utilizan igualmente para expandir el alcance del Internet de las Cosas. De manera similar, si hubiera más de dos nodos, se podría utilizar una puerta de enlace multicanal; pero, al existir un solo nodo sensor, no fue necesaria su implementación.

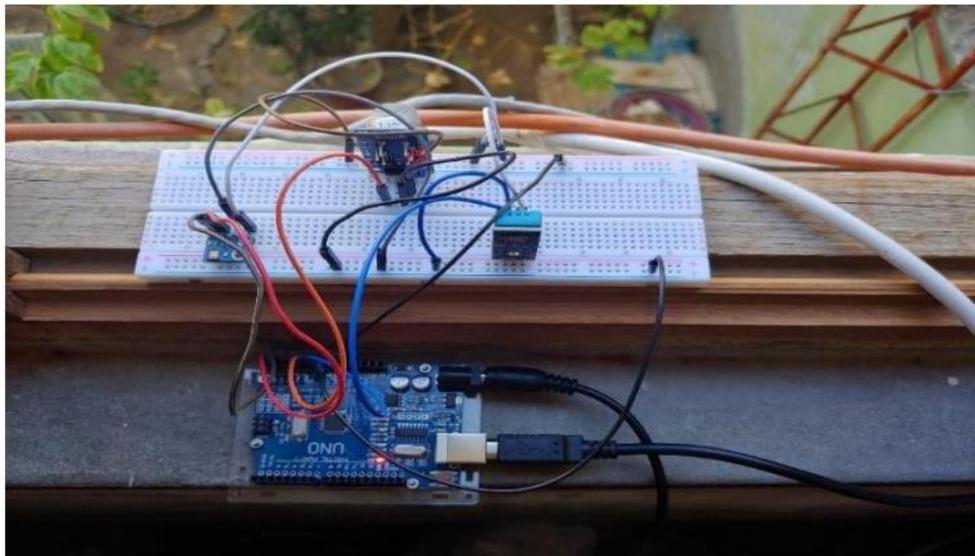
2.1.2. Antecedentes nacionales

Guillen et al. (2021) realizó un estudio titulado “Modelo de Implementación para el monitoreo y control de condiciones ambientales basado en tecnologías de Arduino y Raspberry”. El objetivo del estudio fue desarrollar un modelo de software para una estación meteorológica que pudiera medir valores ambientales como temperatura, humedad y calidad del aire mediante sensores climáticos. La investigación es de carácter descriptivo y cuantitativo. Los resultados mostraron una comparación con otras manifestaciones de seguimiento a nivel estatal y confirmaron el cumplimiento de la hipótesis. Según la investigación, la plataforma de Internet de las Cosas fue diseñada para integrar hardware y software para proporcionar información meteorológica como temperatura, humedad, calidad del aire y radiación UV mediante sensores inteligentes, una placa Arduino One y una placa Raspberry Pi 4. El historial climático se almacena en una base de datos MySQL y se utiliza con PHP, HTML5, CSS, JavaScript y Chart.Min para crear un sistema interactivo en línea. Esto hace posible visualizar datos dinámicos. La tecnología de Internet de las Cosas ha permitido enviar datos sobre las condiciones ambientales que son capturados en tiempo real por sistemas de sensores inteligentes, para luego almacenar y gestionar

esos datos para diversos fines, demostrando un uso efectivo de la alternativa sugerida. En última instancia, al utilizar código con sitios web que proporcionan datos climáticos en línea, la medición de temperatura, humedad, calidad del aire y radiación ultravioleta se completó bien; como consecuencia, se obtuvieron resultados de prueba satisfactorios.

Figura 5

Funcionamiento del hardware del proyecto



Nota. Tomado de (Guillen et al., 2021)

Gamarra et al. (2020) en su investigación “Sistemas de Monitoreo Inteligentes para el Control de Factores Ambientales en la Región Junín”, tuvo como objetivo desarrollar un prototipo destinado a la supervisión y gestión de variables climáticas (temperatura, humedad y condiciones del suelo) y destacar su relevancia. El enfoque metodológico abarca estudio de campo, análisis documental y pruebas experimentales. La conclusión del estudio señala la importancia de atender todas las propiedades relacionadas con el crecimiento de las plantas, dada su diversidad. Asimismo, subraya la necesidad de contar con la

asesoría de un especialista en esta área de estudio para lograr los mejores resultados. Sin embargo, esto fue una limitación en este estudio.

Figura 6

Sensor de humedad de suelo unido a tierra y sensor de luz en superficie externa



Nota. Tomado de (Gamarra et al., 2020)

Choque Z. (2023) en su tesis “*Sistema IoT para el control medio ambiental de la ciudad de Puno, 2023*”, tuvo como objetivo mejorar el control medioambiental en la ciudad de Puno en 2023, mediante la implementación de un sistema IoT. La metodología empleada fue la de un estudio aplicado con diseño preexperimental, utilizando la metodología RUP para el desarrollo del software. Se seleccionaron tres indicadores clave: tiempo promedio de medición de la temperatura, tiempo de medición de la humedad relativa y cantidad de muestras recogidas para temperatura y humedad, basándose en 120 registros diarios. Los resultados fueron notables: una reducción del 98.32% en el tiempo promedio de medición de temperatura, un aumento del 97.83% en la medición de humedad relativa, y un incremento del 1000% en la cantidad de muestras tanto de



temperatura como de humedad. En conclusión, el sistema IoT demostró una mejora significativa en el control medioambiental de Puno.

Ricaldi C. (2023) en su tesis *“Implementación de una estación meteorológica aplicando IOT en los Humedales de Ventanilla – Callao”*, tuvo como objetivo desarrollar una estación meteorológica de bajo costo que permita monitorear variables ambientales en los humedales de Ventanilla, Callao, para sensibilizar sobre la conservación de estos ecosistemas frente al aumento de enfermedades y la reducción de biodiversidad debido al calentamiento global. La metodología incluyó el diseño y programación de un microcontrolador que, a través de WIFI, transmite datos a una plataforma IoT, utilizando Grafana e InfluxDB para el análisis. Los resultados indican que la estación funcionó adecuadamente, midiendo temperatura, humedad, presión atmosférica, altitud, radiación ultravioleta y gases tóxicos, con errores dentro del rango de tolerancia del fabricante. Este sistema busca también fomentar la implementación de tecnologías similares en otras regiones del Perú para mejorar el control ambiental.

2.2. SUSTENTO TEÓRICO

Se describe el sustento teórico de la presente investigación.

2.2.1. Sensores

Un sensor es un elemento o dispositivo que tiene la capacidad de trabajar ante cambios en una variable. Estos impulsos generalmente se traducen en ajustes con respecto a una variable, que es más sencillo de leer como dato de medición (Gamarra et al., 2020).

2.2.1.1. Tipos de sensores

Sería útil clasificar los sensores para poder explicar más detalladamente cómo funcionan. Sin embargo, los sensores se pueden categorizar según una serie de factores: La variable que registran (como temperatura, presión, humedad, distancia, velocidad, entre otras), el tipo de variable que tienen (resistivas, capacitivas e inductivas), o el tipo de variable que emiten (variables digitales y analógicas). Este último criterio es útil ya que puede ser necesario ajustarlo para que varíe según el parámetro de salida, el estilo de manipulación del sensor y las condiciones. Por lo tanto, examinaremos esta versión definitiva de clasificación (Gamarra et al., 2020).

A) Sensores resistivos

Aquellos que el parámetro de medida provoca variabilidad en la resistencia del componente cuando se utiliza como sensor.

La base de este concepto radica en que la rigidez de algunos materiales puede alterarse de manera óptima debido a factores externos como la temperatura, la intensidad lumínica o la maleabilidad a la que se somete el material. Exploramos varios de los tipos más comunes de sensores resistivos (Choque, 2023).

B) Sensores potenciométricos

Estas son las situaciones en las que la resistencia de un componente varía con el desplazamiento físico. Un ejemplo de un potenciómetro de rotación típico se muestra en la Figura 8, donde la resistencia entre el terminal central y las terminales laterales varía según el ángulo de giro de

la perilla. De esta forma, esta pieza podría utilizarse como sensor de giro (Tablero al parque, n.d.).

Figura 7

Potenciómetro

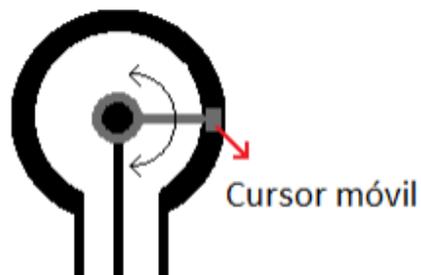


Nota. Tomado de (Tablero al parque, n.d.).

Normalmente, están hechos de una pista de sustancia resistiva sobre la que se coloca un cursor, como se muestra en la Figura 8.

Figura 8

Estructura de un potenciómetro



Nota. Tomado de (Tablero al parque, n.d.).

Como resultado, desplazar el cursor modifica la longitud del material entre los terminales, cambiando la resistencia. El principal inconveniente de esta construcción es que los hace más propensos a la desgaseificación a causa del movimiento mecánico y el rozamiento. El

seguimiento del desfile de una mariposa dentro de un vehículo es un uso para este tipo de sensores. Esta válvula apertura y restringe el flujo de aire hacia los cilindros en un generador de combustión, y es fundamental comprender su ubicación para la gestión del motor (Choque, 2023). Para medirlo normalmente se utiliza un sensor con el potencial medido correspondiente; La figura 9 muestra un ejemplo de esto.

Figura 9

Válvula mariposa con sensor potenciométrico



Nota. Tomado de (Tablero al parque, n.d.).

En la se ve la estructura interna de este sensor.

Figura 10

Sensor de posición de válvula mariposa. Pista de material resistivo (izquierda) y contacto deslizante (derecha)



Nota. Tomado de (Tablero al parque, n.d.).

Ningún sensor potenciométrico es rotacional ya que también hay potenciómetros lineales, como se muestra en la Figura 1-6, que pueden usarse para medir el desplazamiento.

Figura 11

Potenciómetros de movimiento lineal



Nota. Tomado de (Tablero al parque, n.d.).

C) Termistores y RDTs (Resistance Temperature Detector)

La resistividad de la mayoría de los componentes se ve alterada por la temperatura, como lo muestra la constante de temperatura de la resistencia del material (α) en la siguiente ecuación.

$$R = R_0 * (1 + \alpha * \Delta T)$$

Sin embargo, al utilizar termistores y RDT, este comportamiento se usa como beneficio al fabricar sensores que variarían su resistencia con la temperatura. Cuando se construye resistencia, esto podría ser un fenómeno indeseable que se intenta minimizar.

La principal distinción entre RDT y termistores es el material del que están hechos: mientras que los termistores se basan en semiconductores, los RDT se basan en conductores (Choque, 2023).

RDTs

Los RDT están hechos de compuestos conductores (como cobre, níquel o platino), donde un incremento de temperatura hace que los electrones se agiten térmicamente, aumentando la resistividad (Choque, 2023).

Figura 12

Diferentes tipos de RDT



Nota. Tomado de (Tablero al parque, n.d.).

Existen varios tipos de RDT según su construcción, destacando los siguientes:

Los elementos de la zona enrollada constan de una zona enrollada rodeando un núcleo cerámico o de vidrio.

Los elementos de película fina están hechos de material depositado sobre un sustrato cerámico.

Un beneficio importante de los PDR es su funcionalidad casi lineal, que también permite una gran exactitud y repetibilidad. Sin embargo,

presentan tiempos de respuesta más rápidos y costos más altos que otros sensores de temperatura, como los termopares. Con frecuencia es necesario calibrarlos automáticamente, por lo que mantener la corriente del circuito es esencial (Guillen et al., 2021).

El RDT más utilizado y típico es probablemente el PT100, un sensor basado en platino con un rango de resistencia de 100°C a 0°C (Guillen et al., 2021).

D) Termistores

Los termistores están hechos de semiconductores y son de dos tipos, según el material utilizado: Termostatos de coeficiente de temperatura negativo: Son termostatos con parámetro de temperatura inverso. Los termostatos PTC (coeficiente de temperatura positivo)

Aquellos con un coeficiente de temperatura positivo, lo que significa que un incremento de temperatura ocasiona un incremento de la resistencia (Guillen et al., 2021).

Figura 13

Termistores



Nota. Tomado de (Tablero al parque, n.d.).

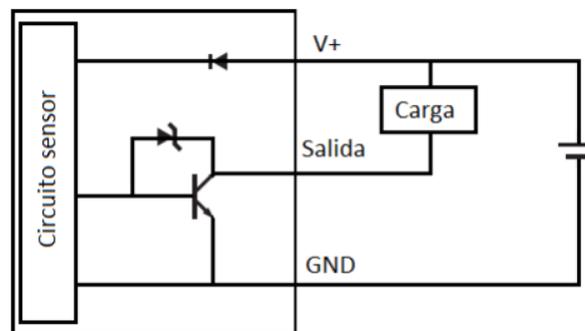
El principal percance de los termistores es su carencia de linealidad; además, son propensos a sufrir inconvenientes de autocalentamiento. Por otro lado, podemos beneficiarnos de su bajo coste, alta sensibilidad y rápida respuesta.

E) Sensor tipo NPN

El sensor cuenta con tres conexiones (polarización, tierra y salida). Aquí, se emplea un transistor NPN para ejecutar la etapa de cierre. La carga está conectada entre los terminales de polarización y de salida (Guillen et al., 2021).

Figura 14

Sensor tipo NPN y forma de conexión



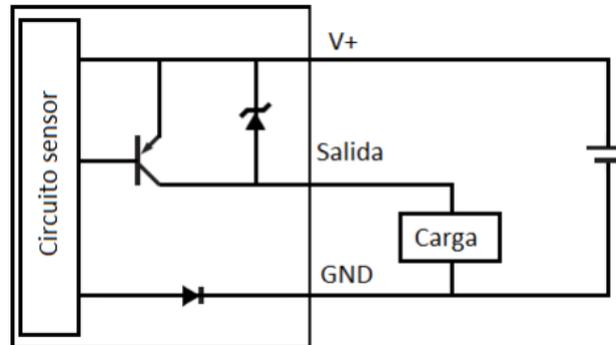
Nota. Tomado de (Guillen et al., 2021).

F) Sensor tipo PNP

Hay tres puertos en el sensor (polarización, tierra y salida). En este ejemplo, se utiliza un transistor NPN para realizar la fase de apagado. La carga está conectada entre los terminales de polarización y salida (Guillen et al., 2021).

Figura 15

Sensor tipo PNP y forma de conexión



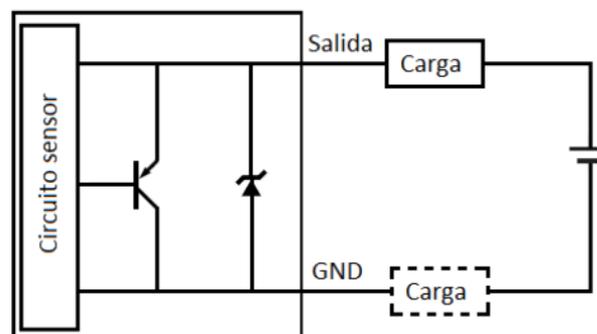
Nota. Tomado de (Guillen et al., 2021).

G) Sensor tipo ON - OFF

Hay dos puertos en el sensor: una tierra y una salida. En la etapa de cierre se emplea un transistor de tipo PNP. La carga se encuentra en conexión de conmutación junto con el sensor y la creación de polarización (Guillen et al., 2021).

Figura 16

Sensor tipo PNP y forma de conexión



Nota. Tomado de (Guillen et al., 2021).

2.2.1.2. Características de los sensores

Una cuestión necesaria para diseñar un compuesto detector es cómo elegir un determinado sensor para medir un parámetro específico.



Por ejemplo, existen muchos tipos diferentes de sensores de temperatura (termómetros, RDT, termómetros, sensores integrados, etc.) (Hinestroza, 2019).

Para ello es fundamental considerar los parámetros de la variable que se desea conocer, así como aspectos de detalle como rango de medida, sensibilidad, resolución e incertidumbre, entre otros. También es fundamental comprender el entorno en el que se utilizará el sensor, como un hogar o un entorno industrial (Silva y Coello, 2020).

Permítanme analizar brevemente algunos conceptos clave a tener en cuenta al realizar este tipo de análisis.

A) Rango o área de medición

Se refiere al conjunto de datos de la variable relevante que el sensor es capaz de registrar. Por ejemplo, si se mencionara que un sensor de temperatura para concreto tiene capacidad para registrar mediciones en un rango de -100°C a 200°C (Silva y Coello, 2020).

B) Alcance, amplitud y margen

Los valores máximo y mínimo que mide el sensor se diferencian de manera algebraica. El precio del spam sería $200^{\circ}\text{C} - (-100^{\circ}\text{C}) = 300^{\circ}\text{C}$ (Tablero al parque, n.d.).

C) Sensibilidad

Esta propiedad indica el grado de cambio en la señal de salida del sensor por cada unidad de cambio en la variable de entrada. Por ejemplo, si se indica que un sensor de temperatura tiene una sensibilidad de $10\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$, significa que la temperatura es la variable de entrada, el voltaje es

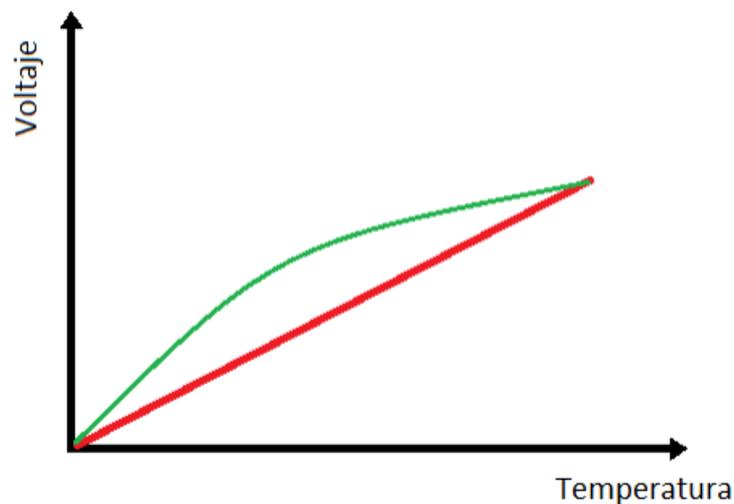
la salida, y por cada grado Celsius que aumente la temperatura, el voltaje se incrementará en 10 mV (Silva y Coello, 2020).

La capacidad de la herramienta para medir variaciones mínimas en la variable de importancia se conoce como resolución. Cuanto más racional sea algo, menor será el cambio mínimo que el sensor puede detectar. Se define como la fracción más pequeña en la escala de medición. Por ejemplo, en una regla estándar, el mínimo intervalo que se puede medir es un milímetro, ya que este es el marcador más pequeño presente en el instrumento (Hinestroza, 2019).

D) No linealidad

Figura 17

Curva característica



Nota. Tomado de (Hinestroza, 2019).

Para definir la linealidad, primero debemos comprender las características de curvatura de un sensor. Para construir esto, se crea un gráfico para un determinado sensor que muestra la variable de apertura delante de la variable de cierre.



En este caso podemos ver que la gráfica característica es lineal, lo que indica que el comportamiento del sensor es lineal. Con ello se asegura que cualquier resultado de medición sea extremadamente sencillo de comprender. Sin embargo, muchos sensores tienen una característica de curvatura diferente a ésta. La falta de linealidad indica que se ha perdido la curva del sensor, un componente necesario de una línea recta ideal (Hinestroza, 2019).

E) La velocidad de respuesta

Esto se refiere a la posible regresión entre una variación en la variable de medida y el valor correspondiente en la variable de cierre.

F) Exactitud

Se refiere a la capacidad del sensor para proporcionar lecturas de medición que se aproximen lo más posible al valor real de la magnitud medida. Por ejemplo, si un sensor indica 200°C, pero la temperatura real es 201°C, el error de medición sería de 1°C.

Normalmente, la precisión se expresa en las mismas unidades de la variable medida o indirectamente a través del rango o porcentaje de margen del sensor. Por ejemplo, si un sensor de temperatura tiene un rango de medición entre -100°C y 300°C (con un margen total de 400°C), y puede tener un error de $\pm 1^\circ\text{C}$ respecto a la temperatura real, entonces se puede decir que la precisión es de $\pm 1^\circ\text{C}$ o $\pm 0,25\%$ (Hinestroza, 2019).

G) Precisión y repetibilidad

Un sensor se considera preciso si puede proporcionar el mismo valor de medición para cada sujeto en las mismas condiciones. Por el



contrario, si tomamos muchas mediciones con un sensor en las mismas situaciones de medición, la exactitud nos mostraría qué tan cerca están estos valores entre sí. Por ejemplo, cuando se mide repetidamente la temperatura a 20°C , un determinado sensor puede proporcionar lecturas diferentes (obtenemos $20,1^{\circ}\text{C}$, $19,8^{\circ}\text{C}$, $20,3^{\circ}\text{C}$ y $19,7^{\circ}\text{C}$). En este caso, la distribución es $20,3-19,7 = 0,6^{\circ}\text{C}$ (Hinestroza, 2019).

A veces nos referimos a este elemento como repetibilidad, ya que indica la capacidad del instrumento para proporcionar el mismo resultado en mediciones repetidas realizadas en las mismas características.

En determinados casos podemos tener un sensor muy impreciso (que da un valor de 25°C a 20°C); sin embargo, cuando repetimos la medición a esta temperatura muchas veces, se vuelve bastante repetible (25°C , $25,1^{\circ}\text{C}$, $24,9^{\circ}\text{C}$) (Silva y Coello, 2020).

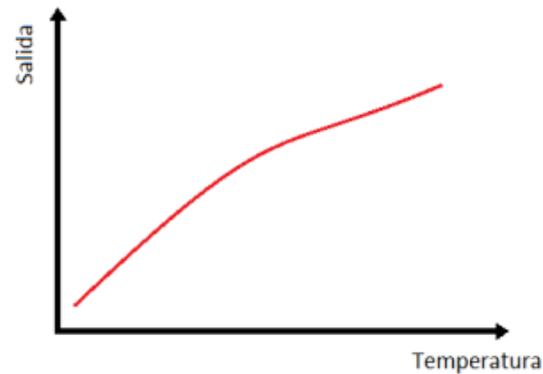
H) Histéresis

Algunos sensores muestran un comportamiento diferente cuando la variable medida aumenta en lugar de disminuir. En tales casos, se dice que el sensor está mostrando un histéresis.

Para comprender mejor esto, veamos un ejemplo de Australia. Suponemos que poseemos algún tipo de sensor de temperatura. Lo colocamos en un entorno de prueba donde aumentamos gradualmente la temperatura y obtenemos su valor de escape para determinado aumento de temperatura para ver cómo se comporta. Esto nos da una curva similar a la que se muestra en la Figura 28, que sería la curva característica del sensor (Hinestroza, 2019).

Figura 18

Comportamiento de subida en un sensor



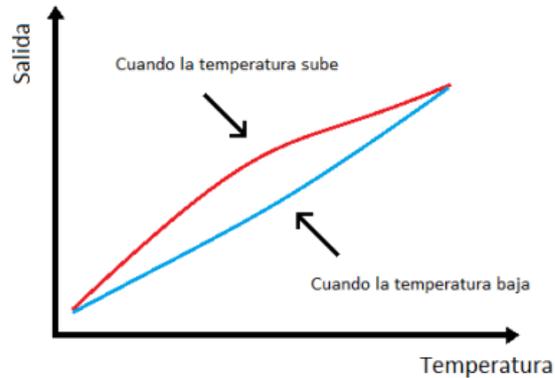
Nota. Tomado de (Hinestroza, 2019).

Podemos observar una curva que no es lineal, lo cual no es poco común. Ahora supongamos que después de alcanzar la temperatura máxima de interés, necesitamos permitir que la temperatura disminuya y luego medir nuevamente la respuesta del sensor. Podemos suponer que el resultado pactado es que la temperatura baje con la misma gráfica que aumenta (Hinestroza, 2019).

En realidad, frecuentemente vemos que el sensor se manifieste de manera ligeramente diferente cuando baja la temperatura. Cuando el sensor está apagado, puede proporcionar valores similares a los que se muestran en la línea azul

Figura 19

Histéresis en un sensor



Nota. Tomado de (Hinestroza, 2019).

I) Otros aspectos

Estos aspectos son solo algunos de los que se toman en cuenta al seleccionar un sensor, y están relacionados con la capacidad del sensor para medir una variable específica dentro del rango requerido y con la precisión deseada.

A pesar de lo anterior, hay otros factores importantes a considerar en relación con las especificidades técnicas del componente.

Podríamos empezar mencionando los parámetros ligados a la potencia requerida. Será esencialmente importante estar atento a la energía consumida del sensor y elegir la opción de consumo mínimo si tenemos dispositivos portátiles que funcionan con batería.

Es crucial tener en cuenta el tipo de voltaje analógico de 0 a 5 voltios cuando se vence el sensor. \pm o entre 10V y 0V? ¿El rango actual será de 4 a 20 mA? ¿Existe algún tipo de salida digital? ¿Será utilizado el I2C u otro protocolo? Esto es esencial para saber si funciona con el sistema de captación de datos.



Dadas estas circunstancias, se evalúa el tipo y la duración del proceso de aclimatación necesario para el sensor. Algunos sensores incluyen un sistema de refrigeración integrado. (sólo necesitamos conectarlos), pero para otros necesitaremos diseñar un circuito de refrigeración adecuado (González, 2019).

2.2.2. Sensores analógicos

Los sensores analógicos son dispositivos que detectan cambios físicos o químicos en su entorno y los convierten en señales eléctricas continuas. Estas señales son proporcionales a la magnitud de la variable medida, como temperatura, presión, luz o sonido. Los sensores analógicos se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, desde sistemas de control industrial hasta dispositivos médicos. Su principal ventaja es la capacidad de proporcionar información detallada y precisa sobre las condiciones ambientales en tiempo real (González, 2019).

2.2.2.1. El sensor de temperatura DS18B20

El sensor DS18B20 opera dentro de un voltaje que va desde 3,3 a 5,5 voltios, con una capacidad de medición de temperatura desde -55 hasta +125 grados Celsius. Se puede ajustar para ofrecer lecturas de temperatura de 9 a 12 bits, dependiendo de la precisión requerida. El equivalente en Fahrenheit es de -67°F a +257°F $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, con una precisión de -10°C a $+85^{\circ}\text{C}$ (González, 2019).

Figura 20

Sensor de temperatura y humedad DS18B20



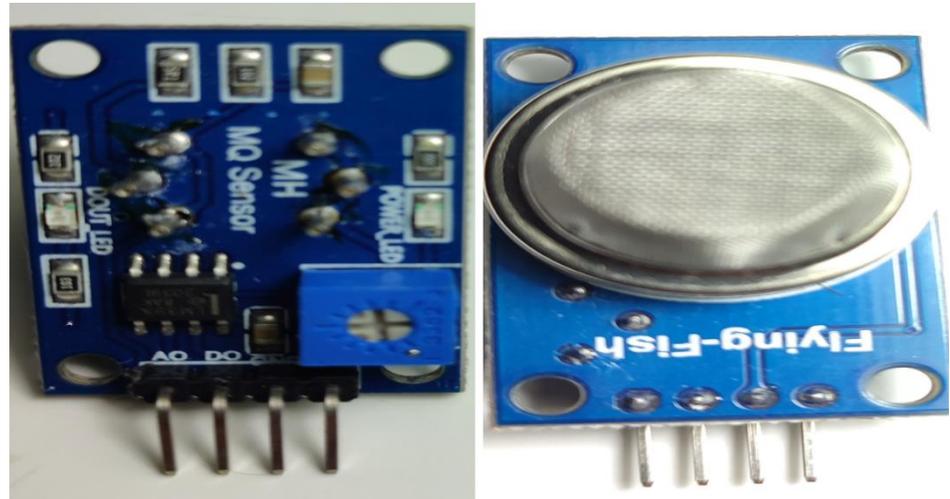
Nota. Elaboración Propia

2.2.2.2. Sensor de calidad del aire (MQ136)

El sensor de gas MQ136 es un dispositivo de control y detección de fugas de gas adecuado para uso residencial o comercial. El material sensible del sensor es el óxido de estaño (SnO_2), que muestra una menor conductividad en condiciones de aire limpio. Sin embargo, cuando hay presencia de gas hidrógeno sulfuroso, la conductividad del sensor aumenta en relación con la concentración de dicho gas. Este cambio en la conductividad se traduce a través de un circuito eléctrico básico en una señal de salida que refleja la concentración de gas. El sensor de gas MQ136 se destaca por su alta sensibilidad al sulfuro de hidrógeno y una baja sensibilidad a otros gases inflamables. adecuado para una amplia gama de aplicaciones (Movil Tronics, 2022).

Figura 21

Sensor de calidad de aire MQ136



Nota. Elaboración Propia

Este sensor MQ136 tiene una conductividad más baja en aire limpio y es adecuado para uso industrial. tiene una sensibilidad duradera y económica al azufre del hidrógeno. tiene un circuito de acción sencillo; su uso es para detectar azufre de hidrógeno, que tiene una concentración de 1-200 ppm y opera entre 4 y 5,0+-0,2 voltios CC (Movil Tronics, 2022).

2.2.2.3. Sensor de radiación UV (ML8511)

El módulo ML8511 es un sensor diseñado para detectar radiación ultravioleta (UV), generando una salida de voltaje proporcional a la intensidad de luz UV que detecta. Este sensor es especialmente adecuado para proyectos de monitoreo ambiental, mediciones de índice UV, aplicaciones meteorológicas, cuidado de la piel y evaluaciones industriales de niveles de radiación UV (Movil Tronics, 2022).

El sensor ML8511 es capaz de medir la luz en un rango de longitud de onda de 280 a 390 nm, abarcando tanto el espectro UV-B como el UV-A. Se establece una relación lineal entre la salida de voltaje analógico y la intensidad de radiación ultravioleta (mW/cm^2). Esta señal analógica se puede conectar a un microcontrolador para que un ADC la convierta y la utilice para realizar mediciones de esa manera (Naylamp, 2023).

Figura 22

Sensor de radiación ultravioleta (UV) ML8511



Nota. Elaboración Propia

El módulo del sensor UV genera una señal de voltaje proporcional a la cantidad de luz UV detectada. Este sensor es adecuado para proyectos de monitoreo ambiental que requieren medición de índice UV, aplicaciones meteorológicas y control de niveles de radiación UV en entornos industriales. El sensor ML8511 detecta luz en un rango de longitud de onda de 280 a 390 nm y proporciona una salida de voltaje analógica lineal, compatible con microcontroladores y alimentado por una fuente de 3,3 a 5 voltios CC (Naylamp, 2023).



J) Resistencias de 330 y 10K

K) Tensores 100UF y 10UF

L) Diodo 1N4004

Diodo1N4004

El diodo rectificador con una capacidad de 400V y 1A, encapsulado en formato DO-41, es un componente semiconductor de silicio de uso general que facilita el flujo unidireccional de corriente eléctrica a través de él gracias a sus dos terminales. Es muy utilizado en electrónica como rectificador en fuentes de alimentos y/o como pico supresor en relés y/o bobinas (Naylamp, 2023).

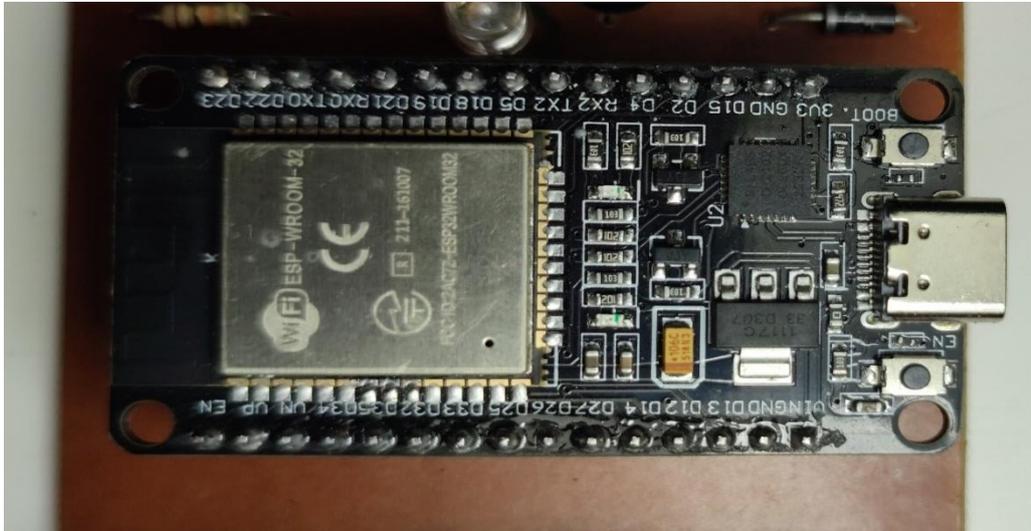
La uva gris en el rectificador indica el cátodo del diodo. Otras cosas consideradas son: cordones, placas PCB, tambores, estaño y pasta.
Plataforma de Internet de las Cosas

2.2.3. Módulo SP32

El ESP-WROOM-32 es un potente módulo con WiFi y Bluetooth integrados, lo que lo hace perfecto para desarrollar productos de Internet de las cosas (Naylamp, 2023). Una amplia gama de aplicaciones es posible gracias a la integración de Bluetooth, Bluetooth LE y Wi-Fi. WiFi permite la comunicación en espacios reducidos, conexión LAN y acceso a Internet a través de un módem enrutador, mientras que Bluetooth permite la conexión directa a otro dispositivo, como un teléfono celular.

Figura 23

Módulo SP32



Nota. Elaboración Propia

Un chip dentro del SP32 permite una conexión inductiva con una banda de 2,4GHz que puede alcanzar los 150 Mbit/s. El SP32 tiene 34 pines digitales que se pueden conectar a diferentes componentes y algunos pines también se pueden usar para interactuar con sensores analógicos.

2.2.4. ThingSpeak

Es una plataforma de Internet de las cosas que almacena datos enviados desde aplicaciones o dispositivos a través de canales. Utiliza las llamadas API HTTP y REST para leer datos de sus canales ThingSpeak. Se puede utilizar el método de suscripción MQTT para recibir mensajes cada vez que se actualiza el canal (MathWorks, 2024)

Es un sitio web donde se hace el Internet de las Cosas, con funciones de biblioteca Arduino y capacidad de enviar datos a la nube.

2.2.5. Aspectos del Clima

Los aspectos mencionados hasta ahora son solo algunos de los considerados al seleccionar un sensor, y están relacionados con la capacidad del sensor para medir la variable de interés dentro del rango requerido y con la precisión necesaria.

Por otro lado, hay otros factores necesarios a tener en cuenta en relación con las especificidades del componente.

Podríamos comenzar mencionando las cualidades ligadas a la necesidad energética. Será estrechamente importante estar atento a la necesidad energética del sensor y elegir la opción de mínimo consumo si tenemos dispositivos portátiles que funcionan con batería (González, 2019).

El entorno de instalación del sensor es uno de los factores más cruciales. ¿Estamos en un entorno doméstico o industrial? Ante esto, se revisa que el sensor escogido sea capaz de asimilar las condiciones.

También es vital evaluar el tipo de cierre del sensor: ¿será un voltaje analógico de 0-5 V? ¿o entre 10V y 0V? ¿El rango actual será de 4 a 20 mA? ¿Existe algún tipo de salida digital? ¿Qué protocolo se utilizará, como I2C u otro? Esto es importante para saber si funciona con todo el sistema de medición.

El estudio de los climas pasados se conoce como paleo climatología. Debido a la falta de observaciones climáticas directas antes del siglo XV, los paleoclimas se infieren utilizando variables proxy, que incluyen respaldo científico tanto biológica como no biológica, como sedimentos encontrados en núcleos y núcleos de hielo, así como corales y corales tipo arack. Las



representaciones matemáticas de los climas pasados, actuales y futuros se conocen como modelos climáticos. Numerosos factores pueden provocar un cambio en el clima durante períodos de tiempo largos o cortos; el cambio más reciente está relacionado con el calentamiento global. El calentamiento global provoca cambios en la distribución (González, 2019).

2.2.6. Parámetros Climáticos

Los parámetros meteorológicos temporales como la temperatura, la humedad, la presión atmosférica, la velocidad del viento y la cantidad de precipitación, la luminosidad y la visibilidad son necesarios para estudiar el clima. Los datos más esenciales que se muestran en los gráficos meteorológicos son las temperaturas mensuales promedio y las cantidades de precipitación durante un período de tiempo relativamente largo (González, 2019).

Muchos factores pueden afectar a estos elementos, como la ubicación geográfica del relieve, la elevación, la orientación del relieve en relación con la radiación solar (solana y umbría) o los vientos principales (suroeste y suroeste).

El acceso a los datos climáticos es esencial para estudiar la bioclimatología. Generalmente estos provienen del clima de cada país. La mayoría de estas estaciones determinan mínimas, media, máxima y diaria, así como la cantidad de precipitación para cada día, semana, mes y año. Los estados meteorológicos completos también identifican variables como la humedad, el viento, la presión, la radiación y la evapotranspiración (González, 2019).

Al describir entornos antecesores o paleo climáticos, se consideran los datos climáticos históricos, el análisis de plantas antiguas, el análisis de desarrollo

de los árboles y los gases almacenados en lagos glaciares y el estudio de fósiles, rocas y estratos (Díaz, 2019).

En general, al crear climodiagramas y analizar diversos tipos de climas y bioclimas, la bioclimatología contemporánea tiene en cuenta los siguientes parámetros meteorológicos y bioclimáticos:

Tabla 1

Parámetros climáticos y su unidad de medida

Parámetro	Aparato de medida	Unidad de medida
Posición geográfica	GPS, mapas...	Coordenadas geográficas (grados, minutos, segundos) Coordenadas UTM (x, y, z)
Luz	Luxómetro, fotómetro	Lux (lx)
Temperatura	Termómetro	Grados Celsius (°C) Grado Fahrenheit (°F) Grados Kelvin (K)
Heladas	Termómetro Cálculo basado en las temperaturas mínimas	Número de heladas Probabilidad de heladas (%)
Precipitación	Pluviómetro o pluviómetro	Milímetros (mm) Litros/metro cuadrado (l/m ²) Volumen/tiempo (l/hora)
Humedad	Higrómetro o higrógrafo	Humedad que contiene el aire Humedad de saturación (%)
Viento	Anemómetro	Dirección (°) Velocidad kilómetros o millas por hora (Km/h o mph) Intensidad (escala de Beaufortd)
Presión atmosférica	Barómetro	Milímetro de mercurio (mmHg) Atmósferas (atm) Pascales (Pa)

Principales parámetros climáticos. Aparatos y unidades de medida.

Nota. Tomado de (Díaz, 2019).

2.2.6.1. Posición geográfica

Es un valor muy significativo a tener en cuenta dada su relación con la luz y otros factores climatológicos. Podrás medir la posición geográfica utilizando coordenadas UTM (x, y, z en kilómetros y metros,



dependiendo de la precisión deseada) o coordenadas geodésicas (Díaz, 2019).

2.2.6.2. Luz

Tiene que ver con cuántos rayos de sol llegan a un territorio determinado. Importa en relación con la intensidad de la luz, el tono, la cantidad (número de horas de luz) y la periodicidad (Díaz, 2019).

2.2.6.3. Temperatura

Es la medida del calor presente en una región específica durante un lapso definido. Los principales aspectos de la temperatura son: La temperatura más alta de un día determinado se conoce como temperatura máxima diaria. La temperatura más baja para un día determinado se conoce como temperatura mínima diaria. La temperatura media cotidiana corresponde a las temperaturas máximas y mínimas diarias. Ambos valores se pueden sumar y dividir entre los dos. La temperatura máxima total es la temperatura mayor identificada durante un período de tiempo específico. Si la temperatura media mensual es superior a 0°C para todo el año, $T_p =$ temperatura anual. Por el contrario, T_p es igual a Σt_m en la temperatura media (Choque, 2023).

2.2.6.4. Helada

Las heladas ocurren cuando la temperatura disminuye abruptamente, usualmente por debajo del punto de congelación, también se pueden utilizar los métodos de Papadakis y Rivas Martínez para calcular utilizando valores estándar de temperaturas absolutas.



Papadakis (1966) divide la estación de hielo libre en:

- Estado libre de helado: número de días con temperatura media inferior a la mínima absoluta de 0 °C.
- Estado libre de heladas: número de días con una temperatura mediana inferior a la mínima absoluta de 2 °C.
- Se define estado libre de temperaturas mínimas como el número de días con una temperatura media inferior a la mínima absoluta de 7 °C.

Según Díaz (2019) se distinguen los siguientes períodos de hielo:

- Extremadamente frío: meses o periodos anuales con temperaturas medias iguales o inferiores a 0 grados centígrados.
- Hipergélido se refiere a meses o periodos anuales con temperaturas medias iguales o inferiores a cero grados centígrados.
- Graso: Meses o períodos anuales con un promedio mensual de temperatura igual o inferior a 0 grados centígrados.
- El término "subgélido" se refiere a meses o intervalos anuales con temperaturas medias iguales o menores a 0 grados centígrados.
- Precipitación: meses o periodos anuales con temperaturas mínimas medias absolutas iguales o inferiores a cero grados.
- Agélido se refiere a meses o años sin nieve y temperaturas medias superiores a los 0 grados centígrados.
- Hipragélido se refiere a meses o períodos anuales donde las temperaturas nunca son iguales o inferiores a cero grados centígrados



2.2.6.5. Precipitaciones

Cantidad de precipitación que cae dentro de un territorio y período de tiempo específicos (ver factores/precipitaciones por separado). En un análisis detallado, es habitual distinguir entre precipitaciones que toman la forma de lluvia, nieve, hielo, aguanieve, etc., y aquellas que son insignificantes (inferiores a 0,1 mm) (Díaz, 2019).

Los siguientes son los parámetros más significativos de la precipitación:

- Días con precipitación: número total de días con precipitación (igual o superior a 1 mm).
- Día de angustia: el número total de días que se ha experimentado tormento.
- Número total de días sin nieve en una sociedad.
- La precipitación diaria es la lluvia que cae en un solo día.
- Precipitación mensual total: La cantidad de lluvia que cae en un mes específico.

La precipitación en estado seco es la precipitación total de los tres meses secos consecutivos del año, independientemente de la temperatura promedio.

La precipitación del trimestre más cálido del año es la suma de la precipitación promedio en milímetros durante el transcurso de cuatro meses consecutivos.

2.2.6.6. Humedad

Generalmente se define como la cantidad de humedad en el aire.



2.2.6.7. Viento

Es el desplazamiento de los cabezales de aire (ver factor/viso aparte). Sus parámetros fundamentales son la dirección (que se muestra como un arco iris de vientos) y la intensidad (medida en kilómetros o milímetros por hora) (Díaz, 2019).

Velocidad máxima del viento: la velocidad máxima del viento.

2.2.6.8. Presión atmosférica

Es la presión ejercida por el aire atmosférico sobre la superficie terrestre. Los niveles de mercurio se miden en milímetros (mmHg), atmósferas (atm) y pascales. Está vinculado tanto con los desplazamientos atmosféricos como con la presión del viento (Díaz, 2019).

La presión mediana es la presión promedio medida durante un período de tiempo específico (día, mes o año).

- A. Presión Máxima: el nivel más alto de presión experimentado durante un período de tiempo específico.
- B. Presión mínima: la presión mínima registrada durante un período de tiempo específico.

2.2.6.9. Periodo de actividad vegetal (PAV)

De acuerdo con Ferreras (2000), se refiere al lapso en el que la temperatura media excede cierto umbral específico. Algunos investigadores sugieren que este umbral se encuentra entre 5 y 6 grados centígrados como umbral para el crecimiento de las plantas, mientras que otros utilizan 10 grados centígrados como umbral para la zona boreal;



Montero de Burgos utiliza como valor intermedio un valor de 7,5 grados centígrados, y otros expertos consideran los meses en los que la temperatura promedio está por encima de los 0 grados centígrados como punto de referencia (Díaz, 2019).

El período vegetativo se define como el número de meses en un año con una temperatura promedio mensual superior a 3,5°C, según (Ricaldi, 2023). Esto se debe a que durante estos meses las comunidades de alta montaña y extra tropicales ven un aumento de biomasa.

La duración de la actividad vegetativa varía mucho ya que cada especie tiene requisitos termo mecánicos únicos. Debido a esto, los parámetros termodinámicos elegidos varían frecuentemente dependiendo del territorio estudiado y no son aplicables a todas las especies y climas (Ricaldi, 2023).

2.2.7. Niveles de Contaminación

La definición de agua contaminada según la Organización Mundial de la Salud (OMS) describe el agua que ha sido alterada hasta el punto en que ya no es segura para el consumo humano, lo que significa que es peligrosa y no se debe ingerir ni utilizar para actividades esenciales como la agricultura. Este tipo de agua contribuye a la insostenibilidad y está asociada con más de 500.000 muertes anuales debido a enfermedades como la diarrea, la poliomielitis, la disentería y el cólera (Ricaldi, 2023).

Los elementos presentes en el agua comprenden bacterias, virus, parásitos, residuos de fertilizantes, pesticidas, medicamentos, compuestos de nitrato y fosfato, desechos plásticos, contaminación fecal y hasta materiales radiactivos.

Muchas veces la contaminación por hidrocarburos pasa desapercibida ya que estas sustancias no siempre contaminan el agua. Por este motivo, para analizar la condición actual del agua se emplea comúnmente el análisis químico de muestras pequeñas y organismos acuáticos para este propósito (NRDC, 2023).

Figura 24

Impacto de la contaminación del agua



Nota. Tomado de (NRDC, 2023).



2.2.7.1. Causas de la contaminación

La lixiviación del mercurio del suelo, tienen el potencial de contaminar océanos, ríos, lagos, canales y sedimentación. Por otro lado, es común que las actividades humanas y sus efectos (que examinaremos con más detalle más adelante) sean la razón detrás de la degradación del suministro de agua (NRDC, 2023).

- Calendario Internacional

Debido a las emisiones de CO₂, la temperatura de la Tierra aumenta, lo que enfría el agua y reduce su contenido de oxígeno.

2.2.7.2. Consecuencias de la contaminación del agua

Como consecuencia se observan efectos nocivos en el entorno natural y la salud de las personas y el Producto Interno Bruto (PIB). David Malpass, el presidente del Banco Mundial, alerta sobre las implicaciones financieras para los países, señalando que "la degradación de la calidad del agua inhibe el crecimiento económico y agrava la pobreza en muchas naciones". Esta premisa se basa en que cuando la demanda biológica de oxígeno excede cierto umbral, el aumento del PIB en las áreas ribereñas disminuye a un tercio (NRDC, 2023). Después de descansar, repasemos algunas consecuencias más:

- Preservación de la biodiversidad

La eutrofización de los ambientes acuáticos es causada por la contaminación hidrológica, que también promueve el crecimiento descontrolado de algas planctónicas en los lagos.



- Contaminación de la cadena alimentaria

La actividad pesquera en cuerpos de agua contaminados y la provisión de agua proveniente de fuentes superficiales para la agricultura y la ganadería, perjudica nuestra salud cuando los ingerimos.

- Enfermedades

El riesgo de desarrollar enfermedades como diarrea, hepatitis A y cólera aumenta cuando dos millones de personas beben agua contaminada con garrapatas, según la OMS.

- Infertilidad fatal

De acuerdo con las Naciones Unidas, las enfermedades gastrointestinales causadas por una mala higiene matan cada día a un millón de niños en todo el mundo.

2.2.8. IoT Plataforma

El alcance del Internet de las cosas es bastante amplio y abarca una amplia gama de entornos, incluidas ciudades inteligentes, dispositivos portátiles e Industria 4.0. Aunque el foco de este artículo son las aplicaciones industriales, muchos de los elementos que siguen también pueden usarse en otros entornos, como ciudades inteligentes o hogares (Ricaldi, 2023).

2.2.8.1. Conectividad IoT

Cualquier aplicación de Internet de las cosas podría funcionar como un medio para conectar actividades exteriores con actividades interiores. Las tareas asignadas a los nodos de IoT (dispositivos terrestres) generalmente incluyen la recopilación de los datos necesarios, mientras que las actividades basadas en la nube almacenan y permiten el análisis de



esos datos. La conectividad es la base de todas las aplicaciones de Internet de las cosas. Recientemente hemos sido testigos de primera mano de cómo la adquisición de decisiones, o al Internet de las Cosas o Edge (Ricaldi, 2023).

2.2.8.2. Factores para protocolos de comunicación

Como nos gustaría llamarlos, los dispositivos IoT, también conocidos como nodos IoT o nodos Edge, se encuentran debajo de la aplicación en el nivel jerárquico. Los aparatos normalmente están vinculados con otros aparatos físicos, tales como paneles de actuación, sensores y equipos industriales. Estos equipos industriales son suministrados por varios proveedores, cada uno de los cuales tiene su propio hardware y firmware. El papel de los conectores es crucial a la hora de recuperar los datos del equipo para garantizar que los nodos cumplan con estos protocolos (Ricaldi, 2023).

2.2.8.3. Interfaz de desarrollo de aplicaciones

Cuando se utiliza el Internet de las cosas, los datos frecuentemente se recuperan (a través de los conectores de protocolo mencionados anteriormente) y se envían a la Nube (mediante una aplicación del dispositivo) a través de una conexión a Internet de las cosas. Esta aplicación también llevará a cabo un proceso más complicado dentro de los nodos, es decir, implicará cierta lógica de negocio en el cálculo de la placa (Ricaldi, 2023).



2.2.8.4. Ingestión y almacenamiento de datos

Incluso con este cambio hacia un análisis más profundo y un proceso de toma de decisiones a nivel de dispositivo, también conocido como "Edge Computing", hemos visto en los últimos años que las bases de datos siguen siendo un componente esencial de cualquier aplicación (Barbara, 2021).

2.2.8.5. Procesamiento y visualización

El valor de los datos no procesados es limitado y sólo podemos extraer su valor después de un análisis exhaustivo. La gama de análisis de datos incluye desde análisis de datos básicos hasta modelos de inteligencia artificial más complejos (Barbara, 2021).

2.2.8.6. Análisis y envío de comandos a los dispositivos

Después de procesar los datos y utilizar una lógica empresarial para actuar, necesitamos que esas decisiones se traduzcan en acciones. Por el contrario, es fundamental que el flujo descendente continúe para que los dispositivos actúen activamente en el funcionamiento del negocio. A veces es interesante ver cómo los nodos de Internet de las cosas interactúan con su entorno; en esos casos, las plataformas cuentan con un módulo que permite enviar estos comandos a los dispositivos.

2.3. HIPÓTESIS

Se describe la hipótesis general y específica de la presente investigación.

2.3.1. Hipótesis General

Se podrá registrar valores pasados y presentes de niveles de contaminación referido a parámetros de temperatura, humedad, índice de calidad de aire (INCA)



e Índice de Radiación Ultravioleta (UV) mediante la implementación de infraestructura tecnológica como sensores inteligentes y servicios de red mediante modelo de plataforma IoT

2.3.2. Hipótesis Específica

- Mediante una plataforma IoT se podrá enlazar la detección de parámetros climáticos mediante sensores inteligentes
- Es factible tener una data de registro pasado y actual de los parámetros ambientales del Lago Titicaca, mediante un aplicativo Web
- Es posible integrar el trabajo de obtención directa de parámetros mediante sensores inteligentes, con recursos electrónicos como Arduino



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

Se plantea el diseño, nivel, tipo y enfoque de investigación.

3.1.1. Tipo de Investigación

Debido a la naturaleza de esta investigación de recopilación de información basada en el campo, junto con la aplicación de una estructura de ingeniería para cuantificar los niveles de contaminación del Lago Titicaca y el uso de sensores análogos para capturar estos niveles, es de naturaleza exploratoria. Porque, como se dijo, el objetivo es resaltar los elementos claves del problema ambiental en el Lago Titicaca para poder realizar las diligencias necesarias que apoyen el desarrollo de la presente investigación (Universidad Veracruzana, 2022)

3.1.2. Enfoque de investigación

El presente estudio tiene un enfoque cuantitativo ya que la recolección completa de datos está ligada al proceso de medición de las variables y los indicadores a los que éstas conducen en su estructura (Ruiz, 2005).

3.1.3. Diseño de investigación

Debido al carácter cuantitativo de esta investigación, el diseño del estudio es de carácter correlacional ya que el objetivo es determinar los niveles de contaminación en el Lago Titicaca utilizando el Sistema de Monitoreo, el cual está conformado por servicios e infraestructura de Internet (Mugira, 2023)



3.1.4. Nivel de investigación

El nivel de investigación de la tesis actual es sencillo ya que los problemas de contaminación en el Lago Titicaca se abordarán mediante un diagnóstico y se compararán con los valores permitidos especificados en la actual ley peruana, Decreto Supremo N° 004-2017.MINAM (Carrasco, 2008).

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACION

Se describe la población y muestra de estudio.

3.2.1. Población

La población está dada por los parámetros Físicos, Químicos, Orgánicos e Inorgánicos para Lagunas y Lagos, establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017.MINAM. Estos parámetros son esenciales para evaluar de manera integral la calidad del agua y los niveles de contaminación en el Lago Titicaca, permitiendo un enfoque exhaustivo que abarca desde la composición química hasta los elementos orgánicos e inorgánicos presentes.

3.2.2. Muestra

La muestra seleccionada para esta investigación comprende parámetros específicos medidos a través del sistema IoT: temperatura, calidad de aire y índice de radiación ultravioleta. Estos indicadores fueron escogidos por su relevancia en la evaluación del estado ambiental del lago y su susceptibilidad a las actividades contaminantes. La elección de estos parámetros permite concentrarse en aspectos críticos que afectan la calidad ambiental del Lago Titicaca y proporcionan datos precisos para la toma de decisiones en la gestión de su contaminación.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. Técnicas de Recolección de Datos

De acuerdo con Santos (2022), recopilar datos facilita el análisis tanto de información cuantitativa como cualitativa para comprender el contexto en el que se lleva a cabo el objeto de estudio. Por lo tanto, la técnica de investigación empleada en este estudio es la observación, que consiste en una inspección directa y discreta de los datos sin necesidad de intermediarios. Este método no es intrusivo y requiere observar cómo se comporta el objeto de estudio durante un período prolongado de tiempo sin intervenir (Santos, 2022). Con esta técnica será posible entender cómo se comportan los niveles de contaminación en el Lago Titicaca.

3.3.2. Instrumentos empleados

Los instrumentos empleados para el registro de datos obtenidos en campo y gabinete son: Notas de campo. Por otro lado, el registro y verificación de los parámetros climáticos, se podrá verificar a través de la plataforma ThinkSpeak. Cabe precisar que esta tecnología trabaja con librerías para Arduino.

3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Se describe las Variables Dependiente e Independiente de la investigación, junto con la operacionalización de las mismas.

Variable Independiente (VI)

Variable Independiente (VI): Optimizar la gestión de niveles de contaminación

Variable Dependiente (VD)

Variable Dependiente (VD): Sistema de Monitoreo

3.5. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Se desarrolla la investigación acorde a los objetivos propuestos.

3.5.1. Ubicación y Descripción de la Investigación

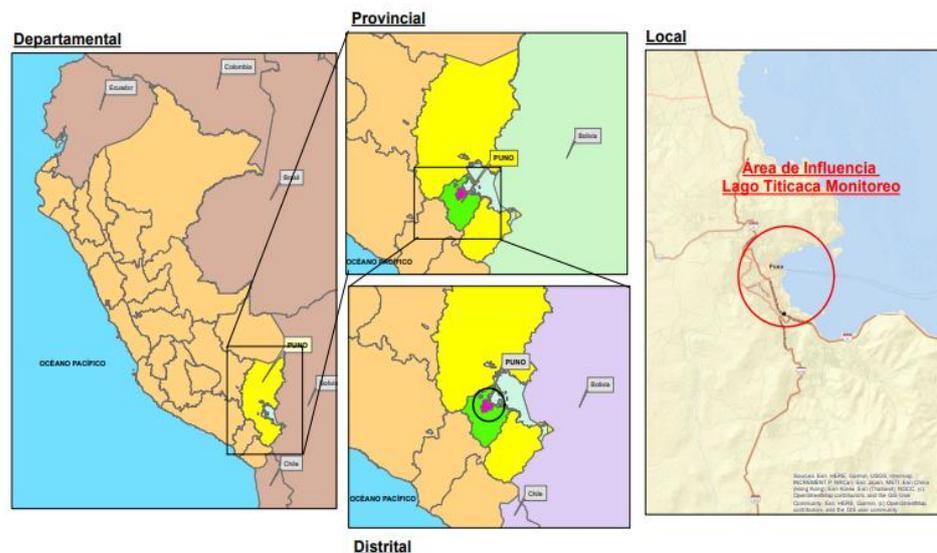
Se describe la ubicación y el propósito e importancia de la presente investigación.

3.5.1.1. Ubicación

La investigación se llevará a cabo en la región de Puno, específicamente en el distrito y provincia de Puno, que están ubicados en la ciudad del mismo nombre. Esta ciudad se encuentra a orillas del Lago Titicaca, en el sureste de Perú. La ubicación geográfica aproximada de Puno es $15^{\circ}50'S$ de latitud y $70^{\circ}01'O$ de longitud, mientras que la zona de estudio, el lago se sitúa aproximadamente a $15^{\circ}50' S$ de latitud y $69^{\circ}20' O$ de longitud.

Figura 25

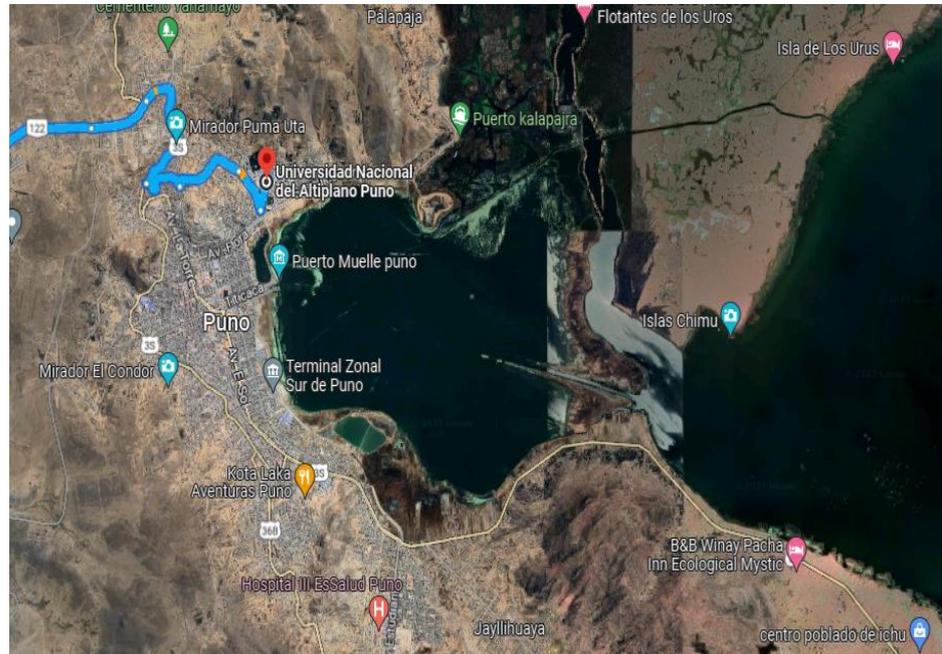
Ubicación de la Investigación



Nota. Tomado de (Fertur Perú, 2013)

Figura 26

Accesibilidad y delimitación de la zona de estudio



Nota. Tomado de Google Maps

3.5.1.2. Descripción de la investigación

Según el Decreto Supremo No. 004-2017, la situación actual del Lago Titicaca implica desarrollar una propuesta de diseño e implementación mediante monitoreo periódico/paulatino de los niveles de contaminación en relación con los indicadores de calidad del agua MINAM. Los niveles de contaminación se medirán mediante sensores que permitan informar al responsable sobre cualquier variabilidad que ponga en riesgo la calidad ambiental del Lago Titicaca.

Para llevar a cabo la investigación será necesario tener en cuenta el establecimiento de un centro de datos de análisis basado en procesamiento primario y estados de reserva basados en confiabilidad. Cada parámetro de monitoreo tendrá sensores tanto analógicos como digitales, que brindarán



alertas a los supervisores y/o inspectores del centro de datos cuando los parámetros definidos excedan sus valores umbral. Será necesario asegurar durante el desarrollo de la investigación que el sistema funcione en todos los puntos de monitoreo, sin perjuicio de cualquier potencial variabilidad externa en su ubicación.

CAPÍTULO IV

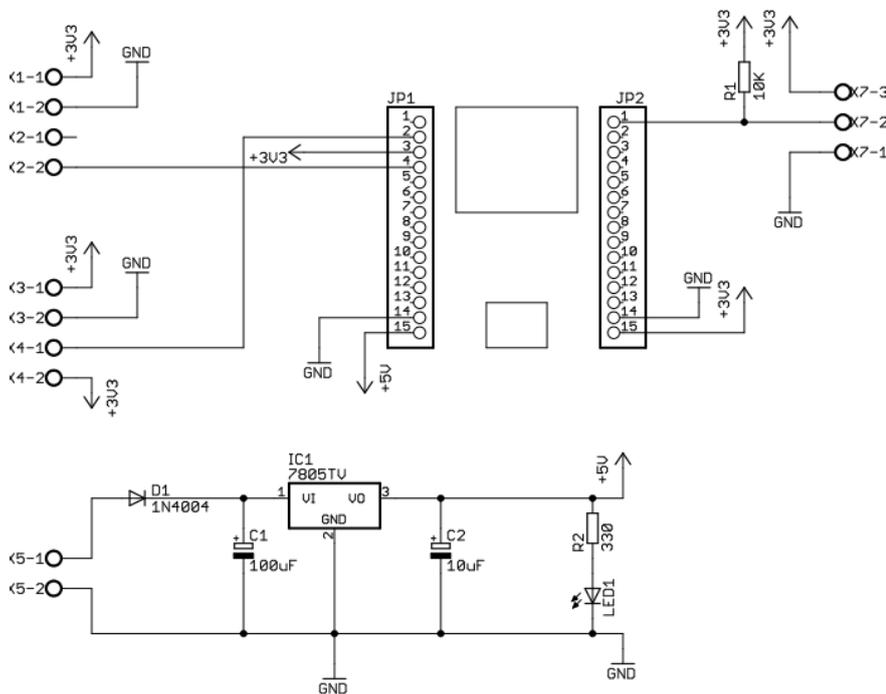
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DIAGRAMA DEL PROYECTO

Mediante este circuito podemos ver las conexiones a los componentes y ver la estructura de cada componente.

Figura 27

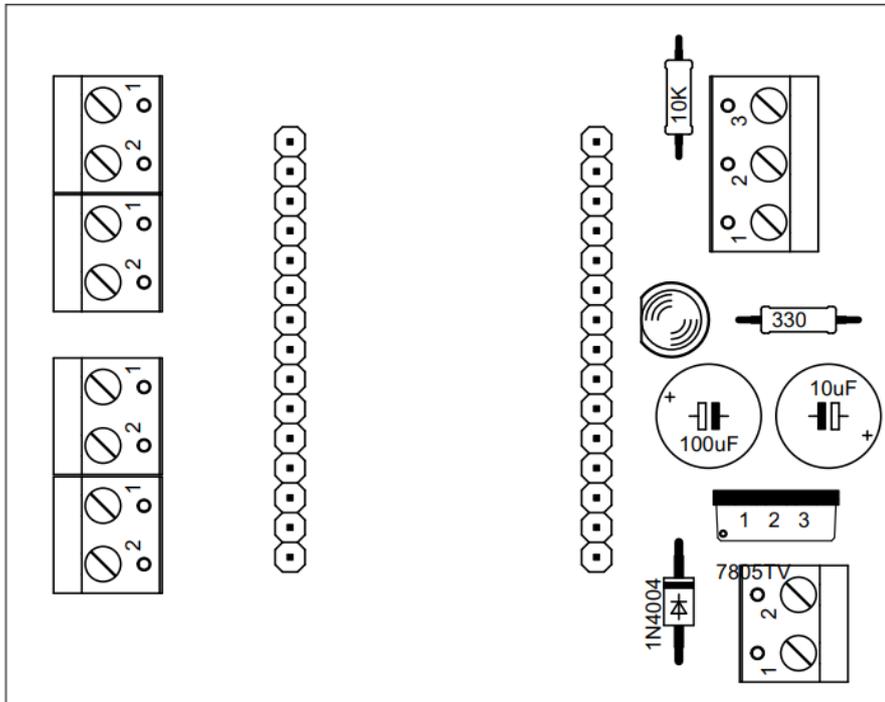
Esquema SP32



Nota. Elaboración Propia

Figura 28

Esquema componentes



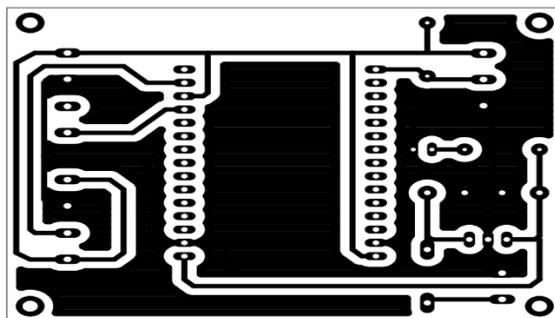
Nota. Elaboración Propia

4.1.1. Diseño de Pistas

Se presenta el diseño de pistas para poder impregnarlo a la placa PCB y poder integrar los componentes en dicha placa, se diseñó las presentes pistas en el programa Proteus.

Figura 29

Pistas SP32

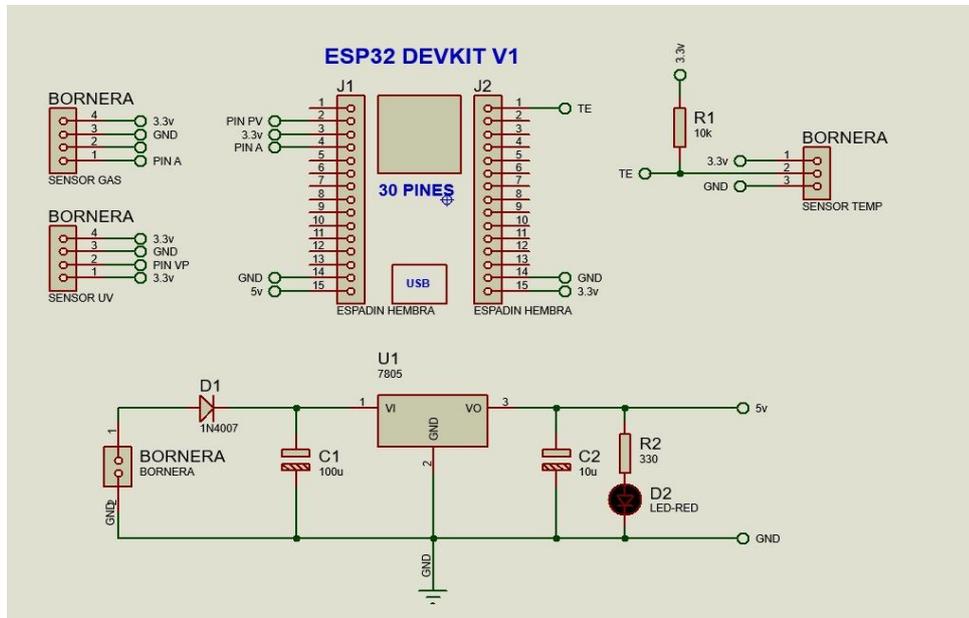


Nota. Elaboración Propia

4.1.2. Simulación en Proteus

Figura 30

Simulación en Proteus



Nota. Elaboración Propia

Esta es la sección de simulación del software Proteus donde la tarjeta SP32 opera a 3,3 voltios y no opera a voltajes más altos. Sin embargo, nuestros sensores requieren 3,3 voltios para funcionar y debemos proporcionar a la tarjeta 5 voltios ya que el pin de voltaje es de 5 voltios.

Lo que se agregó es un regulador de voltaje de 5 voltios para que por esa bornera se pueda alimentar 12 voltios o una batería de 9 voltios. Luego viaja a través de un diodo y un condensador y llega al punto regulador de voltaje donde podemos bajar el voltaje y extraer esos 5 voltios.

4.2. PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO EN ARDUINO

Se adjunta a continuación el lenguaje de programación en Arduino:

```
#include "ThingSpeak.h"  
#include "WiFi.h"
```



```
#include <OneWire.h> //Se importan las librerías
#include <DallasTemperature.h> //Se importa la librería
#define Pin 23 //Se declara el pin donde
se conectará la DATA
OneWire ourWire(Pin); //Se establece el pin
declarado como bus para la comunicación OneWire
DallasTemperature sensors(&ourWire); //Se llama a la librería
DallasTemperature
char* ssid = "CLARO-B612-74B1"; //SSID de vuestro router.
char* password = "0q6dL49Q93"; //Contraseña de vuestro
router.

unsigned long channelID = 2357538; //ID de
vuestro canal.
const char* WriteAPIKey = "INJQ8DIWDEWYUFM0"; //Write API
Key de vuestro canal.
const int UVOUT=36;
const int REF_3V3=39;
int Lectura;
int ADC;

WiFiClient cliente;

void setup() {
  //pinMode(UVOUT, INPUT);
  //pinMode(REF_3V3, INPUT);
  sensors.begin(); //Se inician los sensores
  Serial.begin(115200);
  WiFi.begin(ssid,password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("Wifi conectado!");

  ThingSpeak.begin(cliente);
}

int averageAnalogRead(int pinToRead)
{
  byte numberOfReadings = 8;
  unsigned int runningValue = 0;

  for(int x = 0 ; x < numberOfReadings ; x++)
    runningValue += analogRead(pinToRead);
  runningValue /= numberOfReadings;

  return(runningValue);
}

float mapfloat(float x, float in_min, float in_max, float
out_min, float out_max)
{
```



```
    return (x - in_min) * (out_max - out_min) / (in_max - in_min)
    + out_min;
}

void loop() {
    int uvLevel = averageAnalogRead(UVOUT);
    int refLevel = averageAnalogRead(REF_3V3);
    int valor_MQ = analogRead(34); //Lemos el valor analógico que
    nos envia el sensor MQ, los valores recomendados de co2 estan
    entre 300 y 800 ppm, más de 800 es peligroso
    int Indice;
    ADC=analogRead(39);
    sensors.requestTemperatures();           //Prepara el sensor
    para la lectura
    Serial.print(sensors.getTempCByIndex(0)); //Se lee e imprime
    la temperatura en grados Centigrados
    Serial.println(" Grados Centigrados");
    Serial.print(valor_MQ);
    Serial.println(" PPM");

    //delay(500);                             //Se provoca una parada
    de 1 segundo antes de la próxima lectura

    float Voltaje=3.3/refLevel*uvLevel;      // Valor máximo que
    entrega el sensor 669.
    float uvIntensity = mapfloat(Voltaje, 0.99, 2.8, 0.0, 15.0);
    //Convert the voltage to a UV intensity level

    Serial.print("output: ");
    Serial.print(refLevel);

    Serial.print("ML8511 output: ");
    Serial.print(uvLevel);

    Serial.print(" / ML8511 voltaje: ");
    Serial.print(Voltaje);

    Serial.print(" / UV Intensity (mW/cm^2): ");
    Serial.println(uvIntensity);

    ThingSpeak.setField (1,sensors.getTempCByIndex(0));
    ThingSpeak.setField (2,uvIntensity);
    ThingSpeak.setField (3,valor_MQ);
    ThingSpeak.writeFields(channelID,WriteAPIKey);
    Serial.println("Datos enviados a ThingSpeak!");
    delay(1000);
}
```

Se adjunta las vistas de la incorporación de la programación del Arduino:

Figura 31

Programación en el Arduino

```
Paanmeh_Lago_270001
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

Paanmeh_Lago_270001
#include "ThingSpeak.h"
#include "WiFi.h"
#include <math.h> //Se importan las librerías
#include <math> //Se importa la librería
#include <math> //Se declara el pin donde se conectará la DHT11
#include <math> //Se establece el pin declarado como bus para la comunicación OneWire
#include <math> //Se llama a la librería DallasTemperature
char ssid = "CASA-0612-16817"; //SSID de nuestro router.
char password = "061216817"; //Contraseña de nuestro router.

unsigned long channelID = 237550; //ID de nuestro canal.
const char *apiKeyKey = "XK7QJ2KSERVY78"; //Write API Key de nuestro canal.
const int MY_PORT = 80;
const int MY_IP = 192;
int ledState = 0;
int ledPin = 13;

WiFiClient cliente;

void setup() {
  //Inicializa (7700, 10000, 10000);
  //Inicializa (MY_PORT, 10000);
  //Se inician los sensores
  Serial.begin(115200);
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("WiFi conectado.");
  ThingSpeak.begin(cliente);
}

int averageAnalogRead(int pinToRead)
{
  byte numberOfReadings = 0;
  unsigned int runningTotal = 0;

  for(int x = 0; x < numberOfReadings; x++)
    runningTotal += analogRead(pinToRead);
  numberOfReadings = numberOfReadings;

  return(runningTotal);
}
```

Nota. Elaboración Propia

4.3. SERVICIOS EN LA NUBE THINGSPEAK

Los servicios de red ThingSpeak utilizan un microcontrolador SP32 para proporcionar datos de temperatura, calidad del aire y radiación UV a la red. Luego configuramos la placa Arduino para que muestre los datos gráficamente a través de un navegador. Como mencionamos anteriormente, el proveedor de servicios en la nube que utilizamos se llama ThingSpeak y tiene varias características con Arduino

Figura 32

Diagrama de Bloques del servidor



Nota. Elaboración Propia

Figura 33

Creación de nuevo canal en plataforma

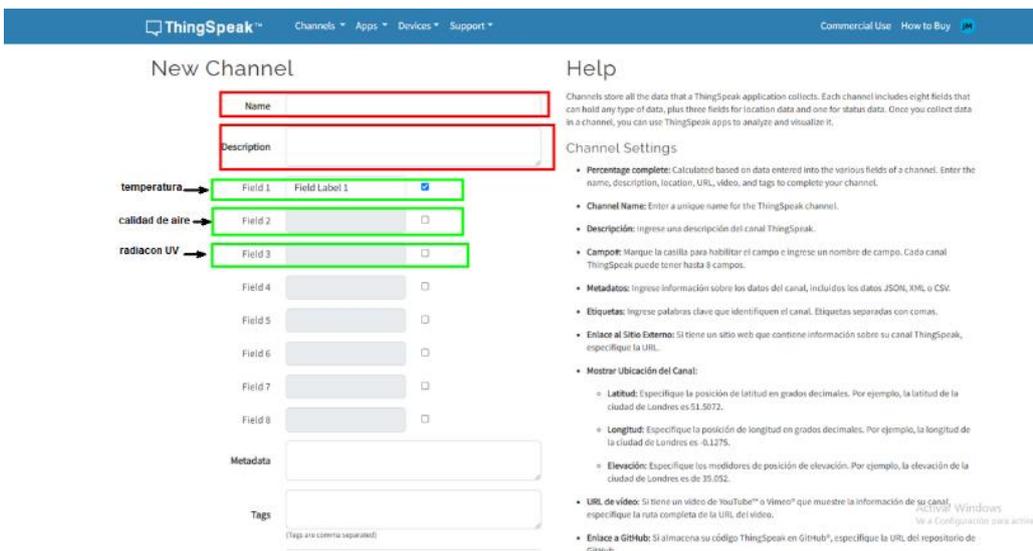


Nota. Elaboración Propia

Pondremos un nombre del proyecto y los parámetros que se va realizar (temperatura, calidad de aire, radiación UV)

Figura 34

Asignación del nombre del proyecto y parámetros de temperatura

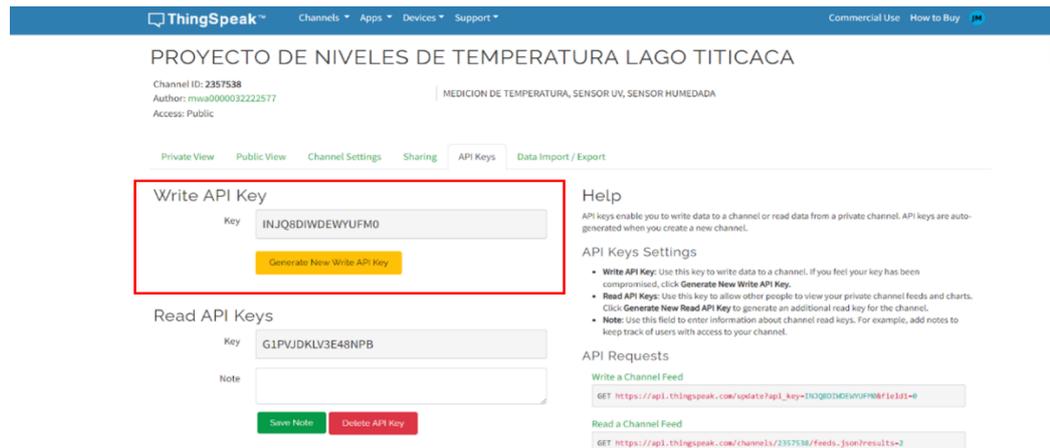


Nota. Elaboración Propia

Luego en la pestaña API key: es muy importante el write API key ahí tendremos que incorporar el código para poder enviar la información a la nube desde nuestro dispositivo SP32

Figura 35

Incorporación de Código en Write Api Key

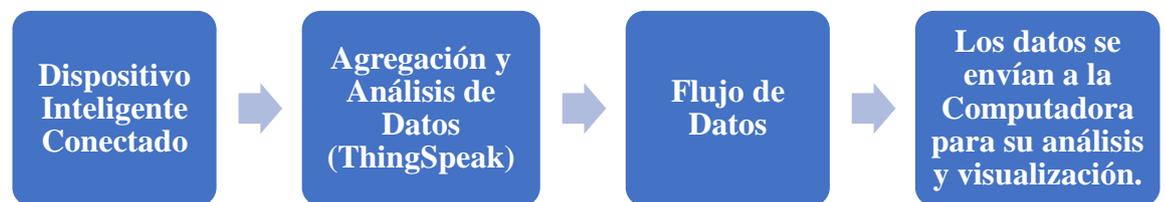


Nota. Elaboración Propia

Almacenamiento de datos en la nube y ver la información a través de cualquier dispositivo

Figura 36

Metodología de trabajo de la nube ThingSpeak



Nota. Elaboración Propia

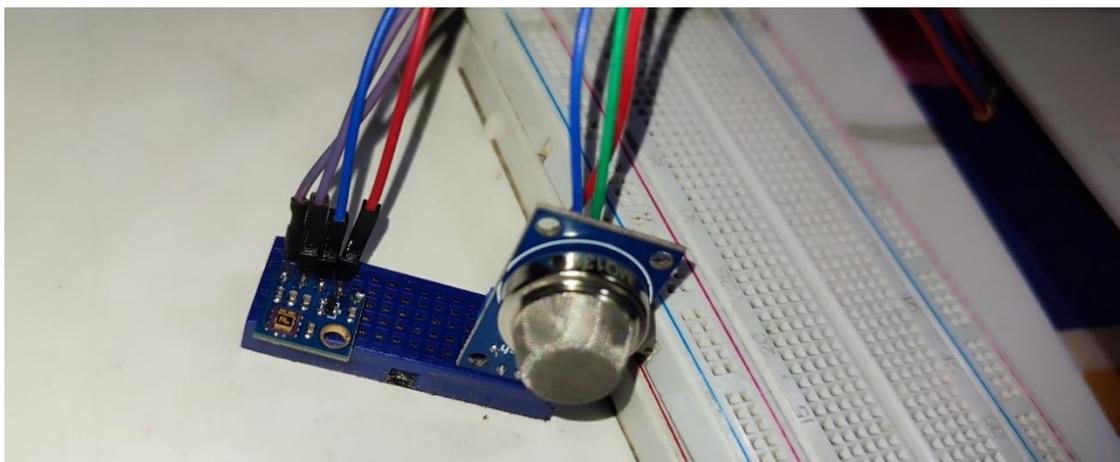
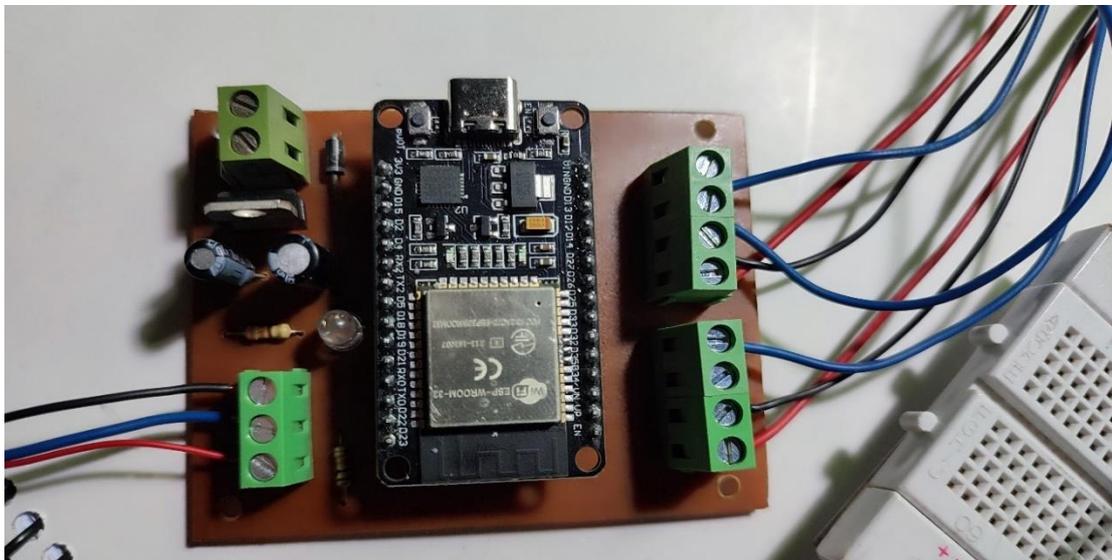
4.4. ARMADO DEL PROYECTO

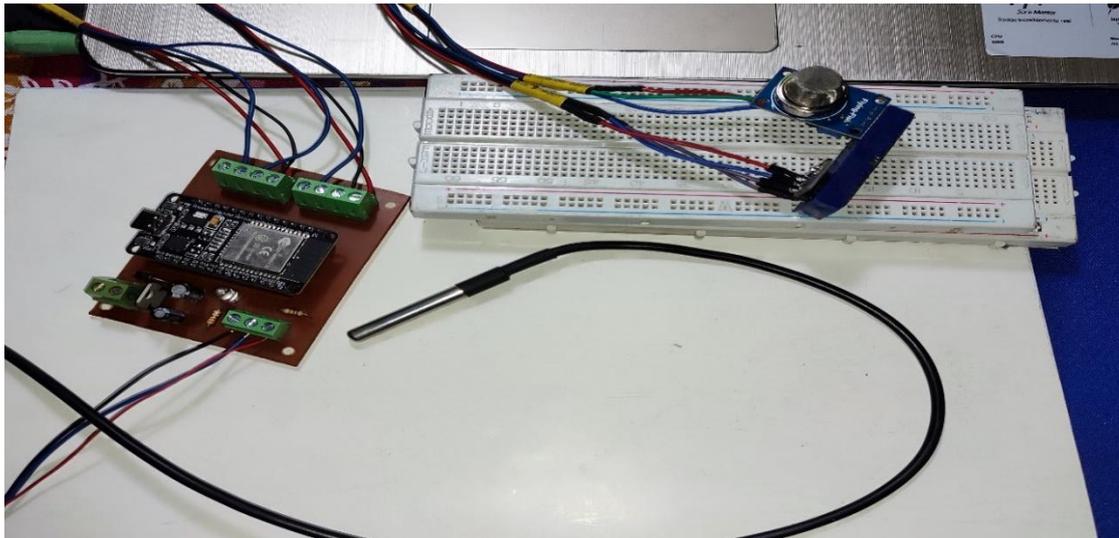
En las imágenes mostradas a continuación, se pueden observar los componentes conectados en la placa, incluyendo el ESP32 y varios sensores. Estos componentes se

utilizarán para medir parámetros como temperatura, calidad del aire y radiación UV. La primera imagen muestra el montaje del ESP32 en una placa base con conectores, mientras que la segunda imagen presenta un sensor de gas montado en una protoboard. La tercera imagen muestra la configuración completa con los sensores conectados, listos para realizar las pruebas y obtener los resultados esperados.

Figura 37

Representación armada del Proyecto





Nota. Elaboración Propia

4.5. ZONA DEL PROYECTO

Los sensores para el proyecto de monitoreo en el Lago Titicaca se instalaron en las ubicaciones que se pueden observar en las figuras 47 y 48. Estas ubicaciones fueron seleccionadas para abarcar de manera efectiva el área de estudio y recoger datos ambientales en diferentes puntos alrededor del lago.

Figura 38

Área de monitoreo



Nota. Elaboración Propia

El grupo de sensores se colocó directamente en la ribera del lago. Esta ubicación es fundamental, ya que permitió proporcionar datos directos sobre las condiciones del agua, tales como temperatura, calidad del aire y radiación ultravioleta. La proximidad al lago aseguró que las mediciones reflejen las condiciones reales del ecosistema acuático, lo cual es crucial para el presente estudio de la contaminación y los impactos ambientales en esta área. Esta disposición de los sensores permitió una recopilación de datos precisos, crucial para evaluar la salud del ecosistema del lago y la influencia de los factores en este importante cuerpo de agua.

Figura 39

Zona de las pruebas



- **Punto de Referencia de la zona de pruebas**



- **Uso de los sensores en el Lago**



- **Recopilación de datos**

Nota. Elaboración Propia

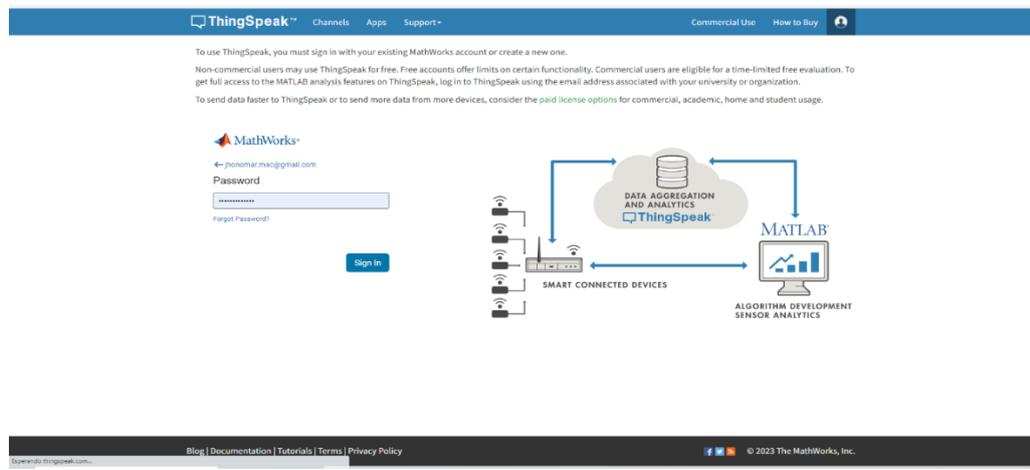
4.6. PRUEBAS Y RESULTADOS

4.6.1. Descripción de la toma de muestras

Para el proyecto, se empleó ThingSpeak, una plataforma de Internet de las Cosas (IoT) basada en la web, que facilita la integración y la gestión de dispositivos IoT mediante la utilización de bibliotecas compatibles con Arduino.

Figura 40

Página ThingSpeak

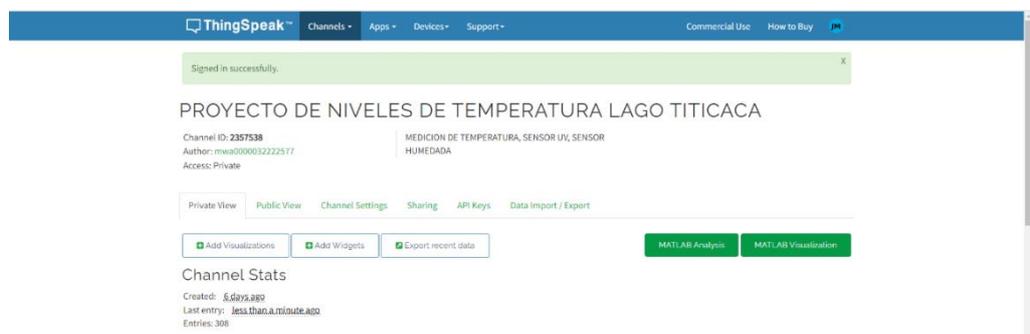


Nota. Elaboración Propia

Después de crear y configurar una cuenta en ThingSpeak, asociamos esta cuenta con nuestro proyecto para centralizar la gestión de los datos recopilados

Figura 41

Creación de cuenta

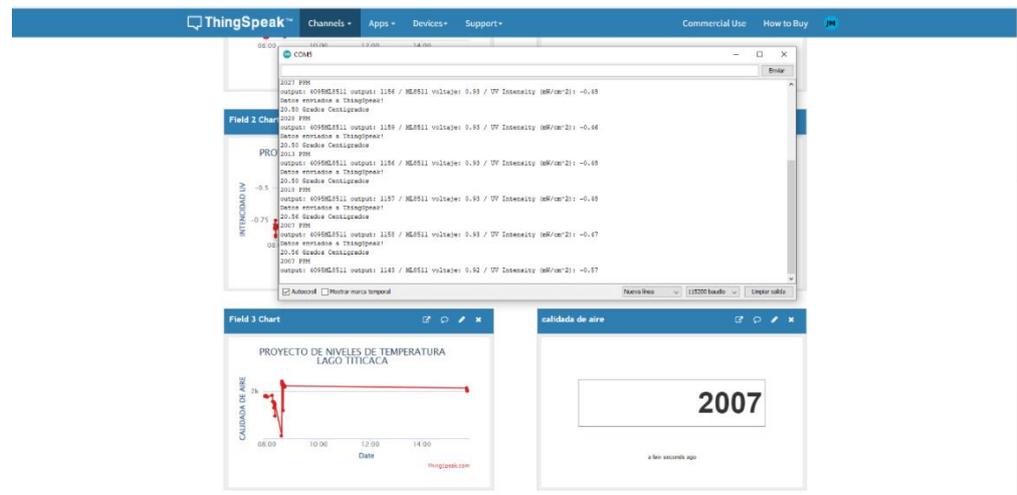


Nota. Elaboración Propia

Utilizamos un microcontrolador Arduino, equipado con diversos sensores, para recoger datos ambientales en tiempo real. Estos datos incluyen parámetros como la temperatura, la radiación ultravioleta y la calidad del aire. Una vez recolectados, los datos son enviados automáticamente a nuestra cuenta de ThingSpeak a través de una conexión Wi-Fi establecida (Ver figura 51). En la plataforma ThingSpeak, los datos se almacenan en la nube, permitiendo un acceso y análisis remotos y en tiempo real, lo cual es esencial para monitorear eficazmente las condiciones ambientales y responder a cambios significativos de manera oportuna.

Figura 42

Enlace de librerías de Arduino



Nota. Elaboración Propia

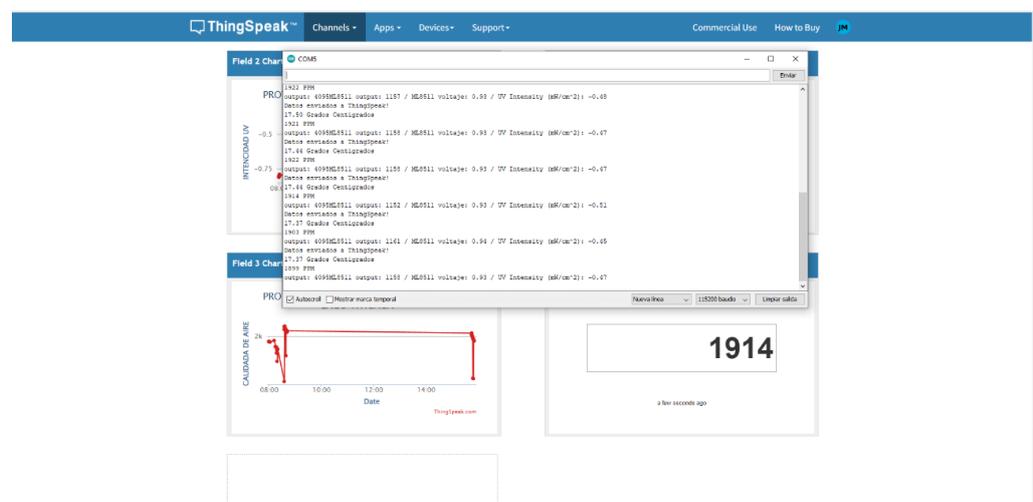
Para optimizar la recogida de datos y asegurar una representación más completa y precisa de las condiciones ambientales, se ajustaron cuidadosamente los horarios y fechas de muestreo en el proyecto. Este proceso de ajuste tuvo como objetivo abarcar variaciones diurnas y condiciones meteorológicas diversas que podrían influir significativamente en los resultados del monitoreo.

Se decidió tomar datos tres veces por semana durante un período de dos semanas, comenzando el 4 de diciembre y concluyendo el 16 de diciembre. Los días seleccionados para el muestreo fueron lunes, miércoles y viernes de cada semana. Esta distribución permitió capturar las condiciones ambientales en diferentes días laborables de manera uniforme. En cada día de muestreo, se establecieron tres momentos claves: por la mañana (8:00 AM), al mediodía (12:00 PM) y al final de la tarde (4:00 PM). Esta distribución horaria se diseñó para capturar las variaciones en las condiciones ambientales que ocurren debido a la transición natural del día, como los cambios en temperatura y luminosidad solar, que pueden afectar las mediciones de los sensores, especialmente aquellos relacionados con la radiación ultravioleta y la calidad del aire.

Una vez enlazado todas las librerías del Arduino y conectado a nuestra red wifi podemos apreciar los parámetros del sensor de temperatura, sensor ultravioleta, calidad de aire.

Figura 43

Actualización cada 15 segundos de los registros de parámetros

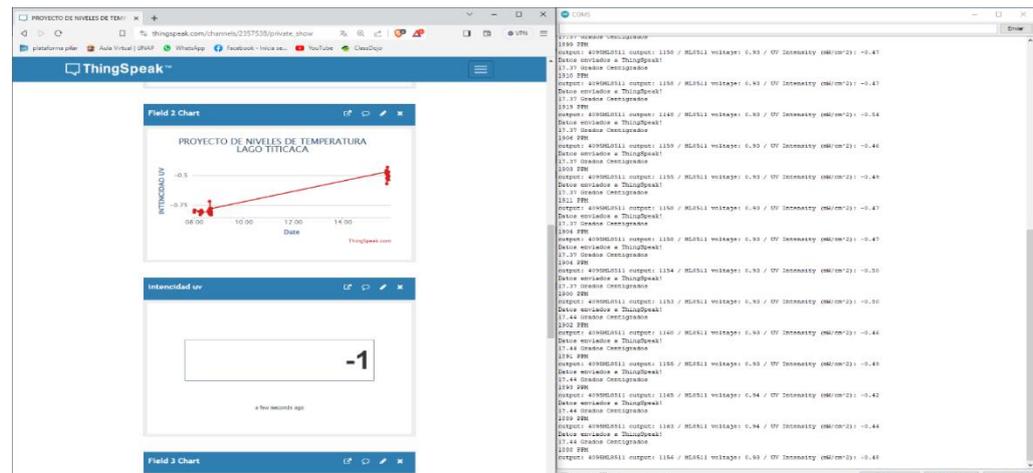


Nota. Elaboración Propia

Actualización cada 15 segundos y podemos apreciar los nuevos valores que nos van mostrando en el monitor. Podemos ver los parámetros de temperatura, intensidad UV y calidad del aire.

Figura 44

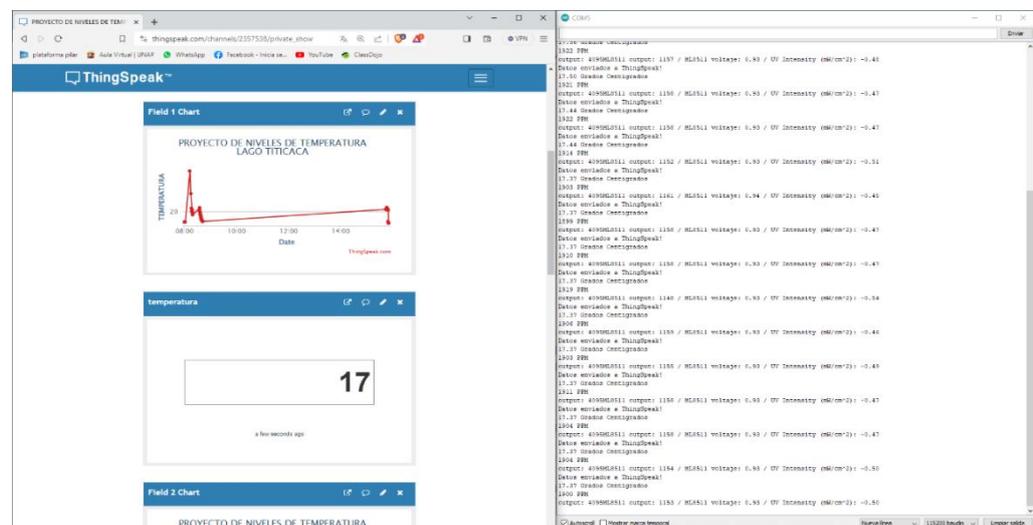
Registro de parámetros Intensidad UV



Nota. Elaboración Propia

Figura 45

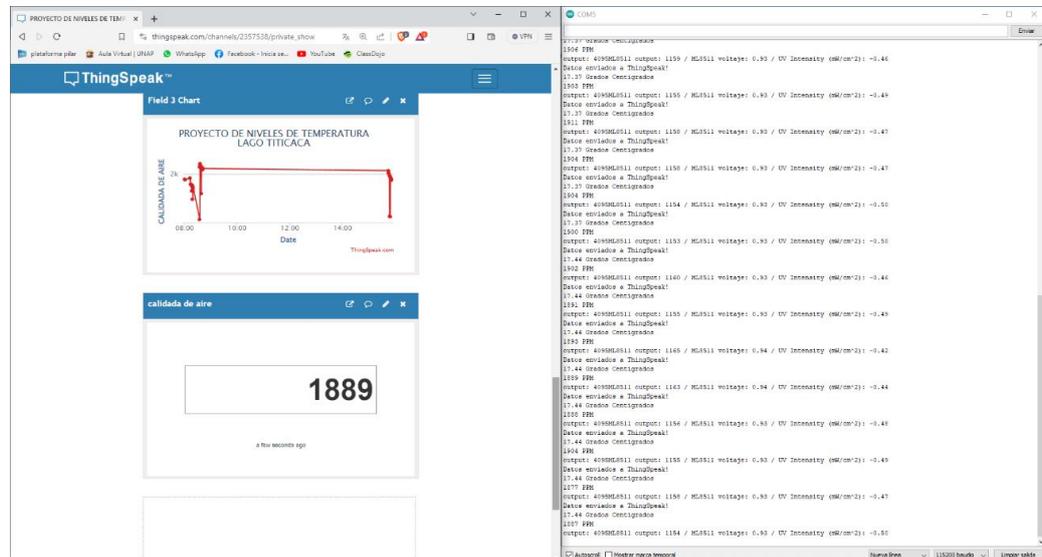
Registro de parámetros Temperatura



Nota. Elaboración Propia

Figura 46

Registro de parámetros Calidad de Aire



Nota. Elaboración Propia

A continuación, se presenta un resumen de las muestras tomadas para temperatura, radiación ultravioleta (UV) y calidad del aire, como parte del proyecto de monitoreo ambiental del Lago Titicaca, realizado del 4 al 16 de diciembre (Ver Tabla 3).

Tabla 2

Datos recogidos durante el periodo de muestreo en el Lago Titicaca

Fecha	Hora	Temperatura (°C)	Índice UV	Calidad del Aire (PPM)
4-Dic-23	08:00	18.5	-0.2	1895
4-Dic-23	12:00	20.56	0.1	1880
4-Dic-23	16:00	19	-0.1	1875
6-Dic-23	08:00	19	-0.4	1905
6-Dic-23	12:00	18.5	0.24	1915
6-Dic-23	16:00	18	-0.3	1890
8-Dic-23	08:00	18.5	-0.48	1900
8-Dic-23	12:00	20	0.2	1910
8-Dic-23	16:00	19.5	-0.2	1892
11-Dic-23	08:00	17.5	-0.3	1892

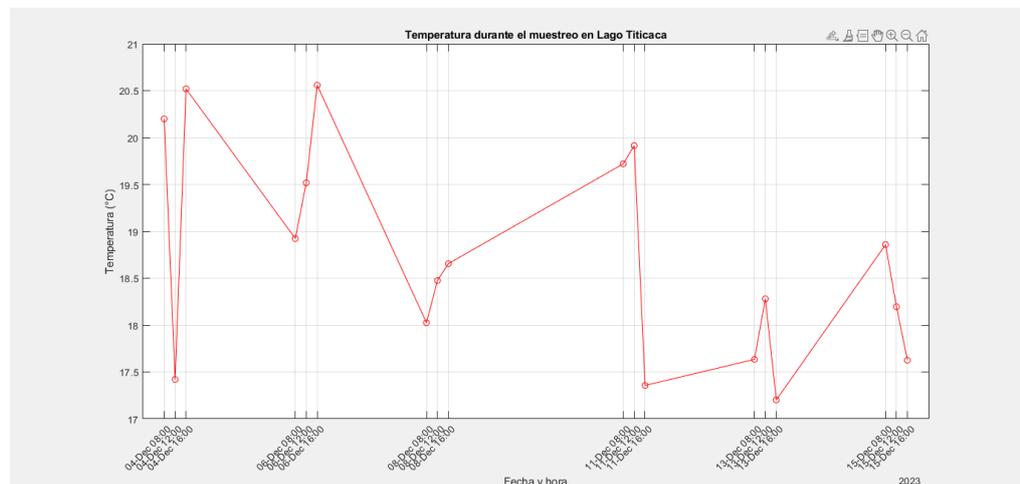
11-Dic-23	12:00	19.5	0.15	1900
11-Dic-23	16:00	18.5	-0.4	1895
13-Dic-23	08:00	18	-0.45	1885
13-Dic-23	12:00	19.5	0.2	1902
13-Dic-23	16:00	18	-0.35	1880
15-Dic-23	08:00	18.5	-0.5	1888
15-Dic-23	12:00	20	0.22	1920
15-Dic-23	16:00	17	-0.4	1905

Nota. Elaboración Propia

Observando la Tabla 3, los datos de temperatura fluctuaron entre 17 °C y 20.56 °C, mostrando variaciones que podrían estar relacionadas con cambios meteorológicos diarios y la influencia de factores climáticos locales. La figura 56 ilustra la dinámica de la temperatura a lo largo del periodo de estudio, con picos que indican los máximos diarios y descensos durante las horas más frías.

Figura 47

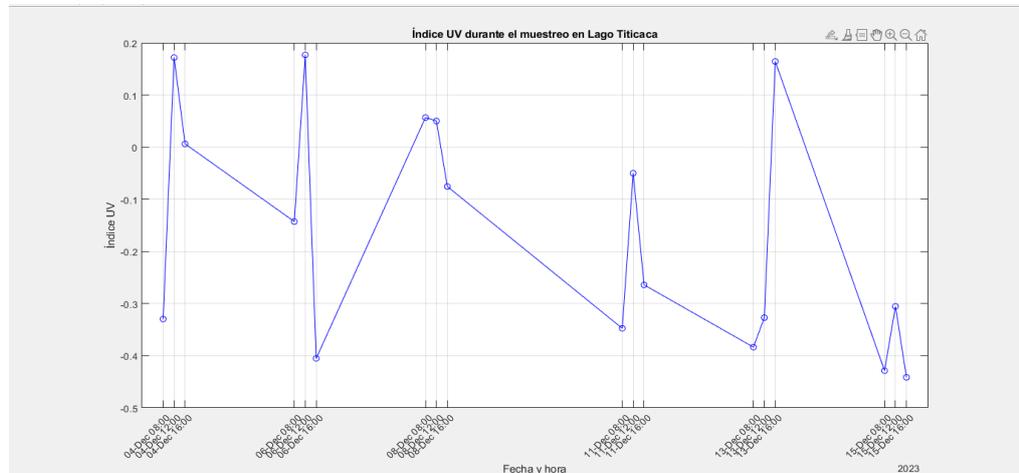
Temperatura durante el muestreo en Lago Titicaca



El índice UV registró valores entre -0.48 y 0.24, evidenciando fluctuaciones que son cruciales para evaluar la exposición solar en la región. Los valores negativos son atípicos y sugieren la necesidad de revisar la calibración de los sensores utilizados para medir la radiación UV, lo cual es fundamental para garantizar la precisión de los datos.

Figura 48

Radiación UV durante el muestreo en Lago Titicaca

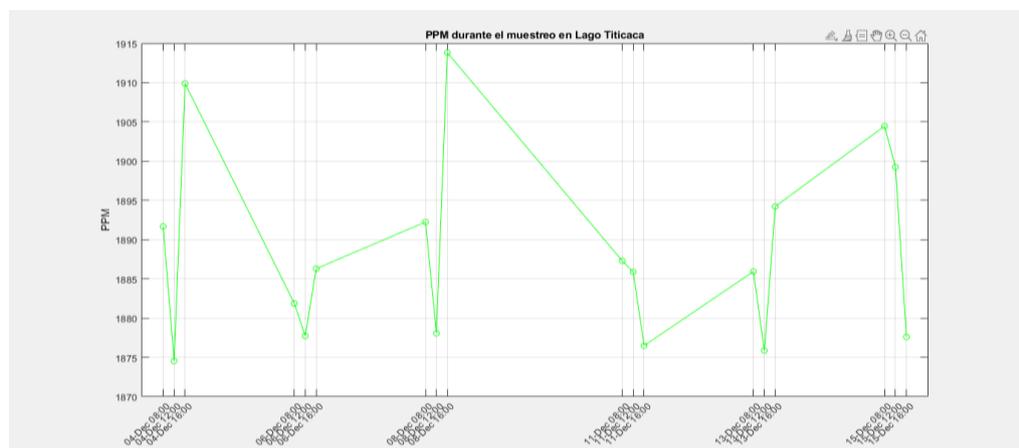


Nota. Elaboración Propia

La calidad del aire, medida en partículas por millón (PPM), varió de 1875 a 1915 PPM. Estos datos son indicativos de la presencia de contaminantes y son esenciales para entender las variaciones en la emisión de sustancias nocivas o los efectos de fenómenos naturales o antropogénicos que podrían afectar la atmósfera local.

Figura 49

Calidad del aire durante el muestreo en Lago Titicaca



Nota. Elaboración Propia

Según estudios realizados por investigadores del Instituto de Ingeniería UNAM recientemente, la importancia de medir la concentración de CO₂ en entornos cerrados ha ganado relevancia debido a la pandemia de COVID-19 (Mendoza et al., 2023). Esto se debe a que las personas infectadas pueden exhalar CO₂ junto con virus, por lo que una concentración baja de CO₂ podría indicar indirectamente una menor carga viral en esos ambientes. En consecuencia, los dispositivos que miden el CO₂ son útiles para gestionar la ventilación en lugares como oficinas, hogares, sitios de recreación o cualquier espacio cerrado donde se reúnan personas.

Utilizando medidores de CO₂ y basándonos en los estándares indicados en la tabla de la figura 59, es posible evaluar si un espacio requiere más ventilación o si es seguro para realizar actividades. Se entiende que una concentración menor a 750 ppm indica buena calidad del aire, por lo que se recomienda mantener los niveles por debajo de 1000 ppm para evitar que los ocupantes del espacio experimenten fatiga.

Figura 50

Concentración de CO₂, y su impacto en la salud



Nota. Tomado de la investigación realizada por la UNAM. Fuente (Mendoza et al., 2023).

En base a lo mencionado anteriormente se procede a realizar una evaluación de la calidad del aire en la concentración de CO_2 comparándolo con los datos obtenidos por el sistema IoT.

La calidad del aire registrada en las mediciones tomadas durante el monitoreo en el Lago Titicaca, entre el 4 y el 15 de diciembre, muestra que los niveles de CO_2 oscilan entre 1875 y 1920 ppm. Al comparar estos datos con los parámetros de la figura 59 proporcionada los resultados indican que todas las mediciones se encuentran en el rango que podría inducir “sentimiento de somnolencia”, ya que todos los valores están por encima de 1000 ppm y por debajo de 2500 ppm. Estos niveles son superiores a lo considerado como “nivel aceptable” y podrían tener efectos negativos en términos de confort y concentración, aunque no llegan a ser perjudiciales para la salud a corto plazo según los estándares mostrados.

Figura 51

Calidad del Aire durante el monitoreo IoT



Nota. Elaboración Propia



Es importante notar que, aunque no se alcanzan los niveles que representan un impacto directo negativo en la salud (más de 2500 ppm), la persistencia de niveles elevados de CO₂ puede requerir medidas de ventilación o revisión de los sistemas de aire para mejorar la calidad del ambiente, evitando posibles efectos de letargo o disminución de la capacidad cognitiva entre las personas expuestas.

4.6.2. Margen de Error en las Mediciones

Para el cálculo del margen de error en las mediciones de CO₂, primero se calculó la media y la desviación estándar de las mediciones proporcionadas en la figura 53 que representaron un porcentaje del total tomado en el día 13 de diciembre del 2023, las cuales son las siguientes: 1895, 1899, 1910, 1919, 1906, 1903, 1911, 1904, 1904, 1900, 1902, 1891, 1893, 1889, 1888. Luego, se utilizó estos valores para calcular el Error Estándar de la Media (SEM), que proporcionará una estimación del margen de error.

Primero se realizó el cálculo de la media sumando todas las mediciones y luego dividiendo por el número de mediciones. Matemáticamente, según Adams et al. (2021) se expresa como:

$$\mu = \frac{\sum \text{datos}}{n}$$

Donde:

μ = Es la media

$\sum \text{datos}$ = Es la suma de todas las mediciones, y

n = Es el número total de mediciones.

Siendo $\mu = 1900.93$ ppm.



Luego se calcula la desviación estándar que mide la cantidad de variación o dispersión de un conjunto de valores. Una desviación estándar baja indica que los datos tienden a estar cerca de la media; una desviación estándar alta indica que los datos están más dispersos. Se calcula usando la siguiente fórmula, usada en la publicación de Adams et al. (2021)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \mu)^2}{n - 1}}$$

Donde:

x_i = Son los valores individuales de las mediciones

$n - 1$ = Es el número de grados de libertad (número de mediciones menos uno).

Siendo $\sigma = 8.75$ ppm

Finalmente se halla el Error Estándar de la Media (SEM) el cual es una medida de cuán precisamente la media de la muestra representa la media de la población. Se calcula usando la siguiente fórmula, usada en la publicación de Adams et al. (2021).

$$SEM = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Donde:

σ = Desviación estándar

n = Es el número total de mediciones

Siendo $SEM = 2.26$ ppm

Se ha realizado estos cálculos con los datos proporcionados de la figura 53, encontrando una media de 1900.93 ppm, una desviación estándar de 8.75 ppm, y un SEM de 2.26 ppm. Esto sugiere que el sensor ofrece mediciones consistentes



y precisas, con un margen de error relativamente bajo, lo cual es adecuado para aplicaciones prácticas en monitoreo de la calidad del aire.

4.6.3. Resultados de Medición del Consumo de Energía

Primero, medimos la corriente consumida por el sensor a diferentes niveles de tensión de alimentación, es cual se establece de la siguiente forma:

- a) 3.3 V – 20 mA
- b) 5.5 V – 50 mA

La pendiente M de la recta que relaciona la tensión y la corriente se calcula utilizando la siguiente fórmula, usada en la publicación de Adams et al. (2021).

$$M = \frac{Y2 - Y1}{X2 - X1}$$

Donde:

$$Y2 = 50mA \quad y \quad Y1 = 20mA$$

$$X2 = 5.5V \quad y \quad X1 = 3.3V$$

Reemplazando

$$M = \frac{50 - 20}{5.5 - 3.3} = 13.64 \text{ mA/V}$$

Usando la ecuación de la recta $Y - Y1 = M(X - X1)$, podemos formular la ecuación de consumo de corriente (I) en función del voltaje (V).

$$\begin{aligned} I - 20 &= 13.64(V - 3.3) \\ I &= 13.64V - 45.012 + 20 \\ I &= 13.64V - 25.012mA \end{aligned}$$

Simplificamos la ecuación para tener una expresión clara y concisa:

$$I = 13.64V - 25.01mA$$

Con esta ecuación, ahora podemos predecir el consumo de corriente del sensor para cualquier valor de tensión de alimentación dentro del rango estudiado.



Por ejemplo, para una tensión de 5.5V, el cual esta evaluado en una temperatura de +125°C.

$$\begin{aligned}I &= 13.64 \times 5.5 - 25.01 \\I &= 75.02 - 25.01 \\I &\approx 50.01 \text{ mA}\end{aligned}$$

Este modelo actualizado refleja una relación lineal entre el voltaje y la corriente donde la pendiente es de 13.64 mA/V, indicando que por cada voltio que aumenta la tensión de alimentación, la corriente aumenta en aproximadamente 13.64mA.

Con la relación entre voltaje y consumo de corriente ya establecida en la ecuación anterior:

$$I = 13.64V - 25.01mA$$

Se calcula la potencia consumida por el dispositivo en función del voltaje utilizando la fórmula básica de potencia eléctrica brindada en la publicación de Adams et al. (2021), donde la potencia P es el producto del voltaje V y la corriente I :

$$P = V \times I$$

Reemplazando la relación de corriente en la fórmula de potencia para obtener una ecuación que describa cómo la potencia consumida varía con el voltaje:

$$\begin{aligned}P &= V \times (13.64V - 25.01) \\P &= 13.64V^2 - 25.01V\end{aligned}$$

Esta ecuación muestra cómo la potencia consumida por el sensor varía en función del voltaje de alimentación, con V^2 indicando una relación cuadrática. Ahora se procede a calcular la potencia consumida a diferentes voltajes para ver cómo varía.



➤ Para 3.3V:

$$P = 13.64 \times 3.3^2 - 25.01 \times 3.3$$

$$P = 13.64 \times 10.89 - 82.533$$

$$P = 148.5396 - 82.533$$

$$P = 66mW$$

➤ Para 5.5V:

$$P = 13.64 \times 5.5^2 - 25.01 \times 5.5$$

$$P = 13.64 \times 25 - 137.555$$

$$P = 341 - 137.555$$

$$P = 203.445 mW$$



V. CONCLUSIONES

- PRIMERA:** El sistema de monitoreo de niveles de contaminación en el Lago Titicaca desarrollado, utilizando la plataforma IoT ThingSpeak, ha permitido una evaluación detallada y en tiempo real de parámetros críticos como la temperatura, humedad, índice de calidad de aire (INCA) e índice de radiación ultravioleta (UV). Este sistema ha demostrado ser eficaz en la recopilación y análisis de datos, proporcionando información precisa y actualizada que es fundamental para la gestión ambiental y la toma de decisiones orientadas a la preservación y mejora de la calidad del agua en el lago.
- SEGUNDA:** Se logró desarrollar una plataforma IoT utilizando el almacenamiento en la nube de ThingSpeak para integrar dispositivos de detección inteligentes, incluyendo sensores como el DS18B20, MQ136 y ML8511. Este avance permite una monitorización en tiempo real de variables ambientales críticas.
- TERCERA:** Se desarrolló un aplicativo web en ThingSpeak que facilita la identificación de registros históricos y actuales de niveles de contaminación. Esto se logró gracias a los servicios de ThingSpeak, para el análisis continuo y la gestión de datos ambientales.
- CUARTA:** Se integraron recursos electrónicos como Arduino junto con sensores inteligentes para medir la temperatura, calidad del aire y radiación ultravioleta. Componentes adicionales como el módulo ESP32, resistencias, condensadores, el Diodo 1N4004 y placas PCB fueron



esenciales en la construcción y funcionamiento del sistema, asegurando su operatividad y fiabilidad en la recogida de datos



VI. RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Para validar y mejorar la precisión de los datos recogidos, se recomienda realizar comparaciones periódicas con otros sistemas de monitoreo de calidad del aire de tipo Open Source. Esto permitirá identificar posibles discrepancias y ajustar el sistema de monitoreo IoT para obtener datos más fiables.
- SEGUNDA:** Establecer otras cadenas de obtención de los registros mediante otros componentes al diseño del proyecto.
- TERCERA:** Además de CO₂, temperatura y radiación UV, se recomienda ampliar el monitoreo para incluir otros contaminantes como el NO₂, SO₂, y partículas PM_{2.5} y PM₁₀. Esto proporcionará una visión más completa de la calidad del aire y ayudará a tomar decisiones más informadas para la gestión ambiental del Lago Titicaca.
- CUARTA:** Realizar un análisis comparativo económico entre distintas propuestas para obtención de registros de niveles de contaminación en el Lago Titicaca.
- QUINTA:** Dado que los niveles de CO₂ registrados oscilan entre 1875 y 1920 ppm, lo cual puede inducir somnolencia y afectar la concentración, se recomienda mejorar la ventilación en las áreas afectadas. Aumentar la ventilación natural o mecánica puede ayudar a reducir los niveles de CO₂ a valores más aceptables y mejorar el confort y la capacidad cognitiva de las personas en esas áreas.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, B., Baller, D., Jonas, B., Joseph, A.-C., & Cummiskey, K. (2021). Computational Skills for Multivariable Thinking in Introductory Statistics. *Journal of Statistics and Data Science Education*, 29(S1), 123–131. <https://doi.org/10.1080/10691898.2020.1852139>
- Barbara. (2021). *Plataformas IoT: qué son y cuál es la mejor para su negocio - Barbara IoT Barbara IoT*. <https://www.barbara.tech/es/blog/plataformas-iot-que-son-y-como-pueden-beneficiar-a-tu-empresa>
- Carrasco Díaz Sergio. (2008). *Metodología de la investigación científica: pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación – Biblioteca*. <https://fctcp.usmp.edu.pe/biblioteca/2023/03/30/metodologia-de-la-investigacion-cientifica-pautas-metodologicas-para-disenar-y-elaborar-el-proyecto-de-investigacion/>
- Chávez Rosa. (2022). *Titicaca: la contaminación está matando una de las cuencas del lago más alto del mundo | Ojo Público*. <https://ojo-publico.com/3658/la-contaminacion-esta-matando-una-cuenca-del-titicaca>
- Choque Zuñiga, E. (2023). Sistema IoT para el control medio ambiental de la ciudad de Puno, 2023. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/118230>
- DHUMA. (2022). *afectados de la cuenca del coata archivos - Red Muqui*. <https://muqui.org/tag/afectados-de-la-cuenca-del-coata/>
- Díaz Alberto. (2019). *Parámetros climáticos*. <https://biogeografia.net/bioclima02.html>
- Fertur Peru. (2013). *Mapa de Puno en Perú*. <https://www.fertur-travel.com/es/puno-info/puno-maps/>
- Gamarra, A., Taípe, J., Arellano, M. , & Lozano, Y. (2020). Sistema de monitoreo inteligente para controlar los factores ambientales de un invernadero en la región Junín. *Prospectiva Universitaria*, 17(1), 49–59.



<https://doi.org/10.26490/UNCP.PROSPECTIVAUNIVERSITARIA.2020.17.1381>

González Romero, B. G. (2019). *Monitoreo ambiental con redes de sensores inalámbricos basados en microcontroladores de 32 bits y módulos RF, aplicado a un parqueadero cerrado*. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/12632>

Guillen Gomez, I., Christian, M. I., & Arroyo, A. R. (2021). *Modelo de implementación para el monitoreo y control de condiciones ambientales basados con tecnologías de Arduino y Raspberry*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/12677>

Hinestroza Conrado, D. Y. (2019). *Sistema de monitoreo de variables ambientales para gestionar alertas tempranas en la Ciudad de Bogotá - hdl:11349/15600*. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/15600>

MathWorks. (2024). *Leer datos del canal - MATLAB & Simulink - MathWorks España*. <https://es.mathworks.com/help/thingspeak/read-data-from-channel.html>

Mendoza García, M., Gómez Rosas, E. R., de la Cruz Velázquez, L. A., Santoyo García, D. A., & Palacio Pérez, A. (2023). *Desarrollo y fabricación de medidor de CO₂ en espacios cerrados para determinar la calidad del aire*. https://www.iingen.unam.mx/es-mx/AlmacenDigital/Gaceta/Gacetamayojunio2023/Paginas/Desarrollo_fabricacion_de_medidor_de_CO2.aspx

Mendoza, S. (2022). *Contaminación del Titicaca crece y autoridades no dan respuestas* | *Los Tiempos*. <https://www.lostiempos.com/actualidad/pais/20220821/contaminacion-del-titicaca-crece-autoridades-no-dan-respuestas>

Movil Tronics. (2022). *Sensor de gas MQ136 - Moviltronics*. <https://moviltronics.com/tienda/sensor-mq136/>

Muguirra Andres. (2023). *Diseño de investigación. Elementos y características*. <https://www.questionpro.com/blog/es/disenio-de-investigacion/>



- Naylamp. (2023). *Módulo ESP-WROOM-32 ESP32 WiFi*.
<https://naylampmechatronics.com/expressif-esp/382-modulo-esp-wroom-32-esp32-wifi.html>
- NRDC. (2023). *Water Pollution Definition - Types, Causes, Effects*.
<https://www.nrdc.org/es/stories/contaminacion-agua-todo-lo-necesitas-saber>
- OEFA. (2023). *El OEFA continúa acciones de supervisión ante afectación ambiental al distrito puneño de Paratía*. <https://prensa-oficial-estado.deperu.com/2023/04/el-oefa-continua-acciones-de.html>
- Orihuela Quequezana, R. (2023). *Lago Titicaca, la cloaca de Puno | Convoca*.
<https://convoca.pe/investigacion/lago-titicaca-la-cloaca-de-puno>
- Orihuela Roberth. (2023). *Lake Titicaca, the Sewer of Puno (Spanish) | Pulitzer Center*. <https://pulitzercenter.org/es/stories/lake-titicaca-sewer-puno-spanish>
- Ricaldi Cerdan, J. A. (2023). *Implementación de una estación meteorológica aplicando IOT en los Humedales de Ventanilla – Callao*.
<https://repositorio.uch.edu.pe/handle/20.500.12872/808>
- ROAPUNO. (2017). *Convocan a autoridades para constatar la contaminación en la bocatoma del río Coata - Radio Onda Azul*.
<https://radioondaazul.com/convocan-a-autoridades-para-constatar-la-contaminacion-en-la-bocatoma-del-rio-coata/>
- Ruiz M. (2005). *ENFOQUES CUANTITATIVO, CUALITATIVO Y MIXTO*.
https://www.eumed.net/tesis-doctorales/2012/mirm/enfoque_cualitativo.html#google_vignette
- Santos Diego. (2022). *Recolección de datos: métodos, técnicas e instrumentos*.
<https://blog.hubspot.es/marketing/recoleccion-de-datos>
- Silva Torres, A. D., & Coello Hurtado, J. I. (2020). *Diseño e implementación de un sistema de monitoreo en tiempo real de sensores de temperatura, turbidez, TDS Y PH para la calidad del agua utilizando la tecnología LoRaWAN*.
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19627>
- Tablero al parque. (n.d.). *INTRODUCCIÓN A LOS SENSORES*.



Universidad Veracruzana. (2022). *Introducción a la Investigación: guía interactiva*.

[https://www.uv.mx/apps/bdh/investigacion/unidad1/investigacion-
tipos.html](https://www.uv.mx/apps/bdh/investigacion/unidad1/investigacion-tipos.html)

ANEXOS

ANEXO 1: Panel Fotográfico



Foto N° 01: Instalación de equipos e instrumentos de recolección de datos a orillas del Lago Titicaca



Foto N° 02: Habilitado de sensor en fuentes del Lago Titicaca

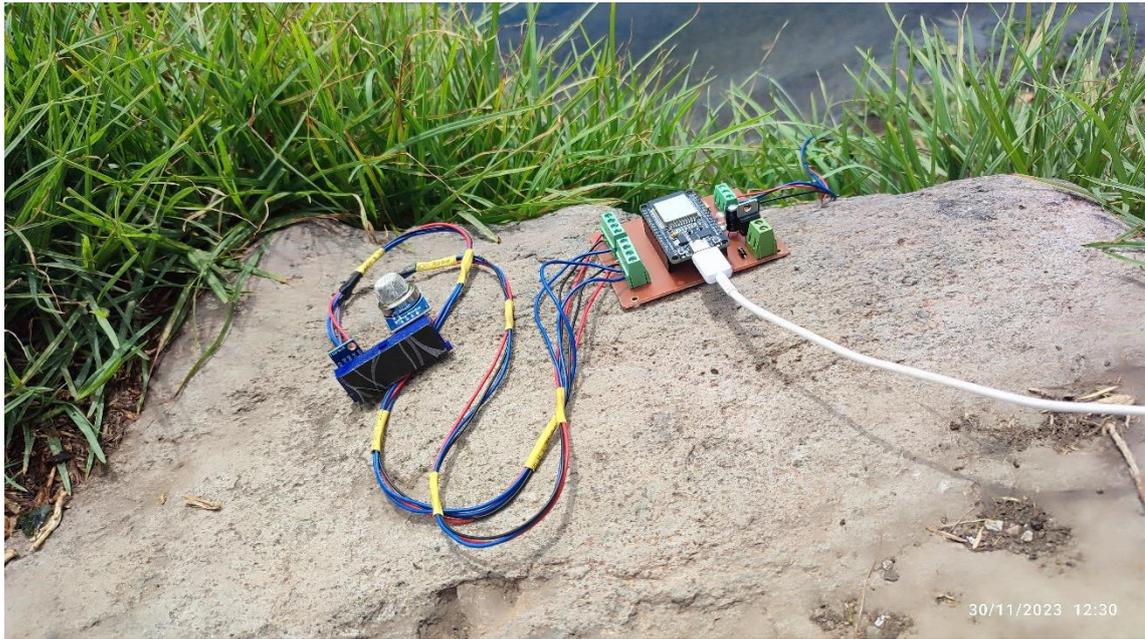


Foto N° 04: Componente Módulo SP32

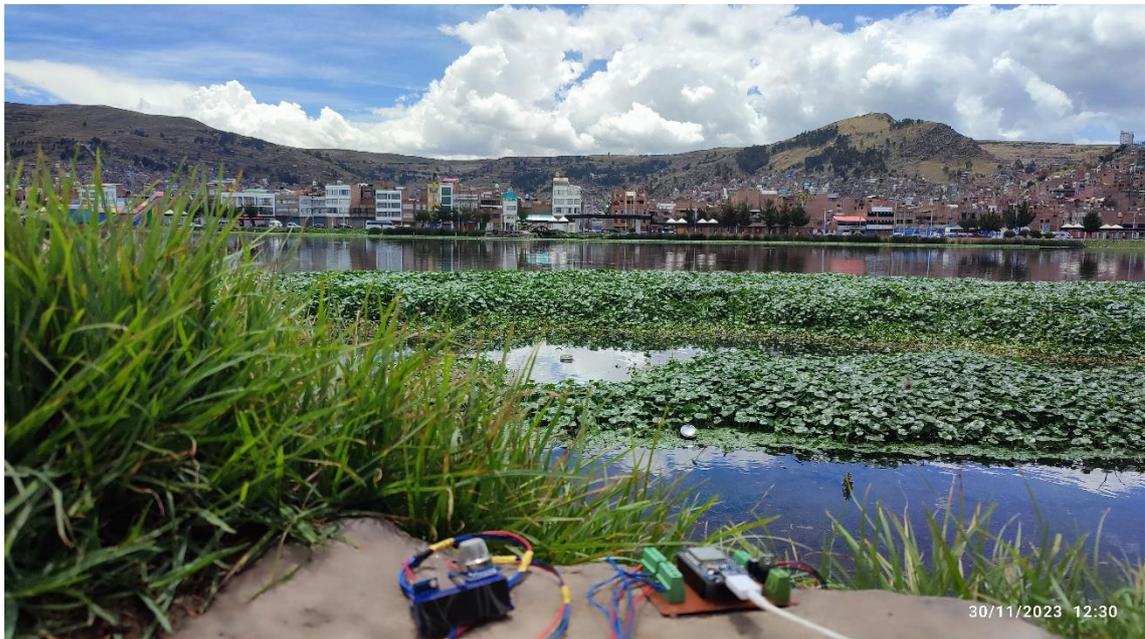


Foto N° 05: Sensores instalados y en funcionamiento, en Lago Titicaca



ANEXO 2: Declaración jurada de autenticidad de tesis.



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



VRI
Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Jhon Omar Mamani Cansaya
identificado con DNI 70144122 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERIA ELECTRÓNICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE UN SISTEMA DE MONITOREO MEDIANTE EL MODELO DE IOT PARA
OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE NIVELES DE CONTAMINACIÓN DEL LAGO TITICACA,
PUNO 2023"

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 17 de JUNIO del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 3: Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Jhon Omar Mamani Cansaya
identificado con DNI 70144122 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA ELECTRÓNICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

„IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO MEDIANTE EL

MODELO DE IOT PARA OPTIMIZAR LA GESTION DE NIVELES DE

CONTAMINACIÓN DEL LAGO TITICACA, PUNO 2023”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 17 de JUNIO del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella