



1859

UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

**Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no
Renovables**

Carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones

Diseño y elaboración de un prototipo para el monitoreo remoto de la calidad de
agua en piscinas recreativas

**Trabajo de Integración Curricular
previo a la obtención del título de
Ingeniero en Telecomunicaciones.**

AUTOR:

Diego Tomasz Machalski Chamba

DIRECTORA:

Ing. Marianela del Cisne Carrión González. Mg. Sc

Loja – Ecuador

2024

Certificación

Loja, 18 de junio de 2024

Ing. Marianela del Cisne Carrión Gonzales. Mg. Sc

DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Diseño y elaboración de un prototipo para el monitoreo remoto de la calidad del agua en piscinas recreativas**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, de la autoría del estudiante **Diego Tomasz Machalski Chamba, con cédula de identidad Nro. 1724363914**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Ing. Marianela del Cisne Carrión González. Mg. Sc

DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Diego Tomasz Machalski Chamba**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma: 

Cédula: 1724363914

Fecha: 18 de junio del 2024

Correo electrónico: diego.machalski@unl.edu.ec

Teléfono: 0986229535

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo del Trabajo de Integración Curricular.

Yo, **Diego Tomasz Machalski Chamba**, declaro ser autor Trabajo de Integración Curricular denominado: **Diseño y elaboración de un prototipo para el monitoreo remoto de la calidad del agua en piscinas recreativas**, como requisito para optar el título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veintisiete días del mes de febrero de dos mil veinticuatro.

Firma: 

Autor: Diego Tomasz Machalski Chamba

Cédula: 1724363914

Dirección: San Sebastián

Correo electrónico: diego.machalski@unl.edu.ec

Teléfono: 0986229535

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Directora del Trabajo de Integración Curricular: Ing. Marianela del Cisne Carrión González.

Mg. Sc

Dedicatoria

Dedico este Trabajo de Integración Curricular a mi madre, Gladys Chamba Chamba, quien me ha acompañado incondicionalmente, brindándome fortaleza para no decaer ante las adversidades y ha sido mi guía a lo largo de mi formación profesional.

Diego Tomasz Machalski Chamba

Agradecimiento

Agradezco a mis padres y familia por apoyarme en cada momento de mi vida y darme siempre ánimos para cumplir con mis objetivos.

A mi tío Anatolio, por confiar en mí y enseñarme el valor del esfuerzo.

A Emily por ser mi apoyo y no dejarme decaer en los momentos difíciles, por su motivación incondicional en esta larga etapa universitaria.

A mis docentes que me han ayudado en mi crecimiento profesional, de manera especial a los Ingenieros Luis Yunga, Franklin Jiménez y Christian Campoverde, quienes me han guiado, apoyado y brindado valiosos aportes en mi formación profesional.

A mi directora de Trabajo de Integración Curricular, Ingeniera Marianela Carrión, quien me ha acompañado y guiado en este proceso para culminar la presente investigación. Además, agradecerle por la paciencia y compromiso que me ha brindado para alcanzar este logro.

A la Unidad Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Loja, de manera especial a la Ingeniera Magaly Cueva, por su apoyo en la calibración de los sensores y monitoreo de los parámetros físicos del agua.

Diego Tomasz Machalski Chamba

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas:	xi
Índice de figuras:	xii
Índice de anexos:	xiv
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	6
4.1. Agua.....	6
4.2. Calidad del agua.....	6
4.2.1. Índice de la calidad del agua.....	7
4.3. Indicadores físico-químicos y biológicos	7
4.3.1. Parámetros físicos	7
4.3.1.1. Turbidez	8
4.3.1.2. Temperatura	8
4.3.1.3. Color	8
4.3.1.4. Olor y sabor.....	8
4.3.1.5. Conductividad.....	8

4.3.2.	Parámetros químicos	9
4.3.2.1.	Potencial de hidrogeno.....	9
4.3.2.2.	Oxígeno disuelto	9
4.3.2.3.	Solidos totales disueltos.....	9
4.3.3.	Parámetros biológicos.....	9
4.3.3.1.	DB05	9
4.3.3.2.	Coliformes fecales	10
4.4.	Medición de los parámetros del agua.....	10
4.4.1.	Técnicas para la medición del agua	10
4.4.1.1.	Monitoreo de variables físicos-químicos	10
4.4.1.2.	Monitoreo biológico.....	11
4.4.2.	Dispositivos para el monitoreo de piscinas recreativas	11
4.4.2.1.	Turbidímetro de Laboratorio 2100N.....	11
4.4.2.2.	Medidor portátil Serie HQ	11
4.4.2.3.	Termómetro digital HI985394	12
4.4.2.4.	Medidor HI98129.....	13
4.4.3.	Beneficios de implementar un monitoreo remoto en piscinas recreativas.....	14
4.4.3.1.	Control remoto	14
4.4.3.2.	Automatización	14
4.4.3.3.	Eficiencia energética.....	14
4.4.3.4.	Análisis y datos	14
4.4.3.5.	Automatizar el proceso de filtración.....	14
4.4.3.6.	Control de la temperatura.....	14
4.5.	Internet de las cosas	15
4.5.1.	Sistemas embebidos	15
4.6.	Red inalámbrica	15
4.6.1.	Clasificación de redes inalámbricas.....	15
4.6.1.1.	Red de área personal inalámbrica	16
4.6.1.2.	Red de área local inalámbrica	16
4.6.1.3.	Redes inalámbricas de área metropolitana.....	16

4.6.1.4.	Redes inalámbricas de área extensa.....	16
4.6.2.	Modos de funcionamiento inalámbrico	16
4.6.2.1.	Modo Ad-Hoc	16
4.6.2.2.	Modo de Infraestructura.....	17
4.7.	Normativas y regulaciones.....	17
4.7.1.	La Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA)	17
4.7.2.	Regulación Nro. DIR-ARCA-RG-011-2022	17
4.7.3.	Regulación Nro. DIR-ARCA-RG-012-2022	17
4.7.4.	Regulación NRO. ARCA-DE-016-2022	18
5.	Metodología	19
5.1.	Área de Estudio.....	19
5.2.	Recopilación de información	21
5.3.	Métodos.....	21
5.3.1.	Selección de dispositivos	21
5.3.1.1.	Sensor de pH GAOHOU PH0-14	22
5.3.1.2.	Sensor de temperatura DS18B20.....	23
5.3.1.3.	Sensor de turbidez SEN0189	24
5.3.1.4.	Sensor de solidos totales disueltos.....	24
5.3.2.	Software	25
5.3.2.1.	Software Arduino IDE	26
5.3.3.	Calibración de los sensores.....	26
5.3.3.1.	Sensor de pH GAOHOU PH0-14	26
5.3.3.2.	Sensor de temperatura DS18B20.....	28
5.3.3.3.	Sensor de turbidez SEN0189	28
5.3.3.4.	Sensor de TDS	29
5.3.4.	Diseño del prototipo.....	30
5.3.4.1.	Descripción	30
5.3.4.2.	Materialidad	30
5.3.4.3.	Construcción del prototipo.....	31
5.3.5.	Monitoreo.....	32

5.3.5.1.	App Inventor	33
5.3.6.	Desarrollo de la aplicación móvil	33
5.3.6.1.	Interfaz de usuario.....	34
6.	Resultados.....	35
6.1.	Pruebas de funcionamiento	35
6.1.1.	Sensor de pH GAOHOU PH0-14	35
6.1.2.	Sensor de temperatura DS18B20	36
6.1.3.	Sensor de turbidez SEN0189	38
6.1.4.	Sensor de TDS	40
6.2.	Pruebas de campo	42
6.2.1.	Obtención de datos.....	43
6.2.2.	Visualización de datos	43
6.3.	Pruebas de resultados	44
6.3.1.	Mediciones de piscina municipal N°1	45
6.3.2.	Mediciones de piscina municipal N°2	46
6.3.3.	Mediciones de piscina municipal N°3	47
7.	Discusión	49
8.	Conclusiones	51
9.	Recomendaciones	52
10.	Bibliografía	53
11.	Anexos	56

Índice de tablas:

Tabla 1	Clasificación del ICA propuesto por Brown.....	7
Tabla 2	Parámetros y criterio de calidad.....	10
Tabla 3	Parámetro de control obligatorio	18
Tabla 4.	Mediciones del prototipo el día martes	45
Tabla 5.	Mediciones en laboratorio de la UMAPAL el día martes.....	45
Tabla 6.	Mediciones del prototipo el día viernes	46
Tabla 7.	Mediciones en laboratorio de la UMAPAL el día viernes.....	46
Tabla 8.	Mediciones del prototipo el día martes	46
Tabla 9.	Mediciones en laboratorio de la UMAPAL el día martes.....	47
Tabla 10.	Mediciones del prototipo el día viernes	47
Tabla 11.	Mediciones en laboratorio de la UMAPAL el día viernes.....	47
Tabla 12.	Mediciones del prototipo el día martes	48
Tabla 13.	Mediciones en laboratorio el día martes	48
Tabla 14.	Mediciones del prototipo el día viernes	48
Tabla 15.	Mediciones en laboratorio de la UMAPAL el día viernes.....	48
Tabla 16.	Presupuesto	56

Índice de figuras:

Figura 1. Turbidímetro de Laboratorio 2100N	11
Figura 2. Medidor portátil Serie HQ.....	12
Figura 3. Termómetro digital HI985394.....	13
Figura 4. Medidor HI98129	13
Figura 5. Redes inalámbricas.....	16
Figura 6. Ubicación de la Piscina Municipal N° 1	19
Figura 7. Ubicación de la Piscina Municipal N°2	20
Figura 8. Ubicación de la Piscina Municipal N° 3	20
Figura 9. Esquema de conexiones.....	22
Figura 10. Sensor de pH GAOHOU PH0-14.....	22
Figura 11. Sensor de temperatura DS18B20	23
Figura 12. Sensor de turbidez SEN0189.....	24
Figura 13. Sensor de solidos totales disueltos	25
Figura 14. Conexión del sensor de pH.....	27
Figura 15. Solución pH4.....	27
Figura 16. Solución pH7.....	28
Figura 17. Conexión del sensor de pH.....	28
Figura 18. Conexión del sensor de turbidez	29
Figura 19. Conexión del sensor de TDS	30
Figura 20. Vista aérea	31
Figura 21. Sistema de sensores	31
Figura 22. Axonometría trasera	32
Figura 23. Prototipo final.....	32
Figura 24. Interfaz de usuario	33
Figura 25. Programación por bloques.....	34
Figura 26. Generación de la APK.....	34
Figura 27. Prueba de funcionamiento del sensor de pH	35
Figura 28. Diagrama de flujo del funcionamiento del sensor de pH	36
Figura 29. Prueba de funcionamiento del sensor de temperatura	37
Figura 30. Diagrama de flujo del funcionamiento del sensor de temperatura	38

Figura 31. Prueba de funcionamiento del sensor de turbidez	39
Figura 32. Diagrama de flujo del funcionamiento del sensor de turbidez.....	40
Figura 33. Prueba de funcionamiento del sensor de TDS.....	41
Figura 34. Diagrama de flujo del funcionamiento del sensor de TDS	42
Figura 35. Visualización de datos en Arduino IDE	43
Figura 36. Visualización de los datos en la App Móvil.....	44

Índice de anexos:

Anexo 1. Presupuesto	56
Anexo 2. Solicitud para el uso de los equipos del laboratorio de la UMAPAL	57
Anexo 3. Solicitud para el uso de los equipos UMAPAL	58
Anexo 4. Certificación del prototipo por el departamento de mantenimiento de la piscina reactiva de la ciudad de Loja N°3.....	60
Anexo 5. Certificación del prototipo por el departamento de laboratorio de la Unidad Municipal de Agua y Alcantarillado de la ciudad de Loja.....	61
Anexo 6. Vistas del prototipo	62
Anexo 7. Axonometrías del prototipo	63
Anexo 8. Prototipo final	64
Anexo 9. Construcción del prototipo.....	65
Anexo 10. Impresión 3D de los soportes de cada sensor	66
Anexo 11. Elaboración de la baquelita	66
Anexo 12. Piscina recreacional N°1	67
Anexo 13. Piscina recreacional N°2	67
Anexo 14. Laboratorio UMAPAL.....	68
Anexo 15. Mediciones de los parámetros del agua en el laboratorio de la UMAPAL con el prototipo.....	69
Anexo 16. Mediciones de los parámetros del agua en el laboratorio de la UMAPAL con los equipos del laboratorio	70
Anexo 17. Soluciones Buffer de pH.....	70
Anexo 18. Preparación de soluciones Buffer de pH.....	71
Anexo 19. Preparación de soluciones de turbidez	71
Anexo 20. Especificación técnica del sensor GAOHOU PH0-14.....	72
Anexo 21. Especificación técnica del sensor de turbidez.....	82
Anexo 22. Especificación técnica del sensor de TDS	83
Anexo 23. Especificación técnica del sensor de temperatura.....	85
Anexo 24. Código en el software Arduino	87
Anexo 25. Manual de usuario.....	91
Anexo 26. Certificación de traducción del resumen.....	108

1. Título

Diseño y elaboración de un prototipo para el monitoreo remoto de la calidad del agua en piscinas recreativas.

2. Resumen

El presente trabajo de investigación se centró en la construcción de un dispositivo portátil que sea capaz de monitorear en tiempo real los parámetros físicos de la calidad del agua en piscinas recreativas como el pH, la turbidez, las sales totales disueltas en el agua y la temperatura, ayudando a reducir el tiempo de monitoreo y costos de las pruebas de medición de los parámetros del agua para el uso de los bañistas. El dispositivo brinda la capacidad de realizar un seguimiento constante de la calidad del agua, garantizando la seguridad y bienestar de los usuarios que hacen uso de piscinas recreativas. Para facilitar la visualización de los parámetros físicos del agua, se ha desarrollado una aplicación móvil mediante la cual los datos medidos por el dispositivo se tramiten de manera inalámbrica a la aplicación móvil, mediante el uso de la tecnología bluetooth, brindando a los encargados del mantenimiento la capacidad de observar los datos en tiempo real y monitorear la calidad del agua de las piscinas desde sus dispositivos móviles.

Palabras clave: monitoreo, calidad del agua, parámetros físicos, piscinas.

2.1. Abstract

The objective of this research was to develop a portable device capable of monitoring the physical parameters of water quality in recreational swimming pools in real-time. These parameters include pH, turbidity, total dissolved solids, and temperature. The goal was to reduce the time and costs associated with water quality testing for swimming pool users. Moreover, the device is capable of continuous monitoring of water quality, thereby ensuring the safety and well-being of users of recreational swimming pools. To facilitate the visualization of the physical parameters of water, a mobile application has been developed that transmits the measured data from the device wirelessly to the mobile application via Bluetooth technology. This enables the maintenance personnel to observe the data in real-time and monitor the quality of the water in the swimming pools from their mobile devices.

Keywords: monitoring, water quality, physical parameters, swimming pools.

3. Introducción

“Diseño y elaboración de un prototipo para el monitoreo remoto de la calidad del agua en piscinas recreativas”, genera un interés de carácter tecnológico que puede interesar a las entidades gubernamentales y a la ciudadanía en general para abordar desafíos en la gestión y mantenimiento de piscinas en espacios recreativos. Además, el monitoreo de la calidad del agua es fundamental debido a diversos efectos de contaminación y generación de residuos, el control continuo de la calidad del agua en piscinas recreativas es primordial para proteger la salud de las personas, proporcionando un lugar limpio y seguro.

Las piscinas recreativas son cada vez más populares, ofrecen una experiencia de relajación y entrenamiento a quienes disfruten de ellas en cualquier lugar desde hoteles hasta lugares públicos, lo que ha provocado una necesidad del cuidado de la calidad del agua de las piscinas. La exposición de las personas a lugares contaminados o con un inadecuado cuidado de los mismos puede provocar irritaciones oculares, reacciones alérgicas e infecciones de riesgo mayor.

El monitoreo de la calidad del agua en piscinas recreativas es necesario para cumplir con las normativas sanitarias, proteger la salud y bienestar de los usuarios. Por ende, el monitoreo regular permite identificar y corregir anomalías presentes en el agua, antes de que sea un peligro para las personas, y a su vez garantizando que la calidad del agua en estas instalaciones cuente con las condiciones óptimas para su uso y un entorno saludable para los bañistas.

Se busca evidenciar que la calidad del agua influye directamente en la salud de las personas, por ende, el monitoreo y control constante del agua es una prioridad, garantiza que los datos estén actualizados facilitando la toma de decisiones oportunas y estratégicas. Mediante el análisis y la evaluación de los datos recopilados, se identifica patrones que son de utilidad para mejorar la gestión del agua.

De este modo se define el objetivo general el cual corresponde a diseñar y construir un prototipo basado en sistemas embebidos para el control y monitorización del estado de la calidad del agua en piscinas recreativas. Con este objetivo, se busca desarrollar un dispositivo tecnológico mediante la integración de sistemas embebidos que permita abordar el monitoreo y la gestión de estos entornos recreativos. Además, de contribuir en la optimización del proceso de medición y el tiempo para obtener información sobre la calidad del agua en piscinas recreativas.

Para el desarrollo del mismo se ha establecido tres objetivos específicos, el primero hace referencia a desarrollar un sistema de sensores integrados capaces de medir de manera precisa y confiable los parámetros de la calidad del agua en piscinas. Esta fase es primordial para garantizar la efectividad en la recopilación de los datos y monitoreo del prototipo al obtener datos detallados y en tiempo real sobre la calidad del agua.

En segundo lugar, se realizará pruebas en piscinas recreativas para asegurar la efectividad y precisión del prototipo en el monitoreo de la calidad del agua. Estas pruebas son importantes para demostrar que el dispositivo funciona correctamente y es capaz de proporcionar datos confiables y puntuales en ambientes con condiciones diferentes.

Por último, el tercero hace referencia a desarrollar una aplicación para dispositivos móviles para la recepción y visualización de los datos emitidos por el dispositivo. Se complementará con una aplicación móvil siendo una interfaz amigable donde se visualizará los datos del monitoreo de la calidad del agua. La aplicación móvil se conectará de forma inalámbrica al prototipo, permitiendo la transferencia de los datos en tiempo real, la visualización de los datos en la aplicación mostrará los valores medidos por cada sensor de manera numérica y gráfica, proporcionando una mejor interpretación de los resultados.

El alcance de este proyecto se centra en desarrollar un prototipo portátil y fácil de transportar para monitorear de la calidad del agua en piscinas recreativas. Incorporará sensores para pH, temperatura, turbidez y TDS, lo que permite que cada persona pueda llevarlo a diferentes piscinas para realizar las mediciones correspondientes.

Los operadores de las piscinas obtendrán los datos sobre la calidad del agua en tiempo real, lo que les permitirá detectar cualquier cambio en los niveles de los parámetros medidos. Al sumergir los sensores, estos empezarán a enviar los datos a una aplicación móvil, donde se observará los datos medidos por los sensores. En comparación con los métodos de medición tradicionales, como los kits de prueba o tiras reactivas, los sensores están diseñados para proporcionar datos confiables, lo que reduce los errores humanos.

En los capítulos posteriores, se detallará los aspectos teóricos de la medición de los factores que determinarán la calidad del agua en piscinas, así como los métodos y procedimientos utilizados en el diseño y construcción del prototipo. Además, se presentará los resultados de las pruebas de validación realizadas en diferentes piscinas recreativas y se concluirá con las observaciones finales y recomendaciones para investigaciones futuras sobre este tema.

4. Marco teórico

4.1. Agua

(Fernández, 2012) argumenta que, el agua cubre más del 70% de la superficie del planeta; se puede encontrar en océanos, lagos, ríos; así como la atmósfera y en el suelo. Es un material flexible: un solvente excepcional y un reactivo ideal en procesos metabólicos, también tiene una alta capacidad calorífica y la propiedad de expandirse cuando se congela. Casi el 97.5% del agua del planeta está contenida en los océanos. El agua dulce representa el 2.5%. Casi el 80% del agua dulce se compone de glaciares, nieve y hielo de los cascos polares, el agua subterránea representa el 19% y el agua de superficie accesible rápidamente el 1%. Esta baja cantidad de agua superficial fácilmente accesible se encuentra principalmente en lagos 52% y humedales 38%. Por otro lado, el agua es un recurso renovable esencial para la vida en la Tierra. Es una combinación de dos átomos de hidrógeno (H) y un átomo de oxígeno (O), lo que le atribuye la fórmula química H₂O. Además, el agua juega un papel crucial debido que es importante para la vida en la tierra, por tanto, es de gran importancia adoptar prácticas sostenibles para conservar y proteger este recurso y garantizar su acceso equitativo y seguro para las generaciones presentes y futuras (p. 148).

4.2. Calidad del agua

(Mancheno & Ramos, 2015) consideran, el agua de buena calidad cuando es salubre y limpia, es decir libre de microorganismos patógenos y contaminantes capaces de afectar adversamente la salud de quienes lo consumen (p. 10). Por otra parte, (Fernández, 2012) la disponibilidad de agua es fundamental para la vida y el progreso económico de cualquier zona del planeta. Durante muchos años, todos los recursos se consideraban aptos para cualquier uso humano, sin tener en cuenta la calidad o las necesidades para los usos ambientales. La agricultura es el sector con mayor demanda de agua cuando se considera la distribución del agua entre los distintos usuarios. Además, la agricultura consume alrededor de dos tercios de agua disponible, mientras que el turismo, los usos urbanos e industriales están aumentando y compitiendo por un acceso a un recurso limitado. La calidad de agua tiene un impacto directo en la salud humana, el agua potable es necesaria para la vida, la salud y la existencia productiva. La salud humana depende no sólo de la cantidad de agua suministrada, sino principalmente de la calidad. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha informado que aproximadamente una cuarta parte de las camas en los hospitales de todo el mundo están ocupadas por pacientes con enfermedades cuyos síntomas son provocados por la insalubridad del agua.

Algunos de los potenciales problemas que puede provocar esta contaminación silenciosa son: procesos fisiológicos anormales, disminución de la capacidad reproductiva, el aumento de casos de cáncer, desarrollo de cepas bacterianas muy resistentes a los antibióticos, posible aumento de la toxicidad de los compuestos presentes en el medio ambiente por efectos sinérgicos. Es evidente que los efectos pueden acumularse de manera lenta sin poder detectarse, por lo que se conocen efectos silenciosos, sin embargo, cuando llega a un nivel específico los efectos se evidencian y causan cambios irreversibles mediante el efecto cascada (Fernández, 2012).

4.2.1. Índice de la calidad del agua

(Caho & López, 2017) argumentan que el índice de calidad de agua (ICA) es una herramienta que permite identificar la calidad de agua de un cuerpo superficial o subterráneo en un tiempo determinado incorpora datos de múltiples parámetros físicos, químicos y biológicos; y una ecuación matemática evalúa la condición de un cuerpo de agua. Actualmente, existen varios métodos disponibles para evaluar la calidad del agua; la distinción entre ellos radica en la metodología calcularse, así como en los factores que intervienen en la formulación de cada índice.

El índice de calidad de agua expuesto por Brown es una herramienta que permite evaluar la calidad del agua, ver Tabla 1, en función de parámetros físicos, químicos y biológicos. Se dividen en cinco categorías; mismas que indican el nivel de calidad del agua y si su uso requiere tratamiento adicional.

Tabla 1
Clasificación del ICA propuesto por Brown

Calidad del agua	Color	Valor
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Nota. Tomado de (Caho & López, 2017)

4.3. Indicadores físico-químicos y biológicos

4.3.1. Parámetros físicos

A continuación, se describen los diferentes tipos de parámetros físicos.

4.3.1.1. Turbidez

Es un indicador utilizado en aguas naturales para determinar la presencia de sólidos, especialmente coloidales. Proviene de la erosión y transporte de materia coloidal como la arcilla, fragmentos de roca, sustancias del lecho, entre otros; por parte de los ríos en su recorrido. Se mide la extensión con la que un rayo de luz se refleja en el agua con un ángulo recto (Fernández, 2012).

4.3.1.2. Temperatura

Tiene un impacto en la mayoría de las funciones biológicas que ocurren en los ecosistemas acuáticos. Afecta la solubilidad de los gases disueltos en el agua. El ciclo natural de las estaciones provoca variaciones en la temperatura ambiente como resultado de los cambios en la temperatura del agua. El impacto antropogénico más significativo es el uso del agua como refrigerante, particularmente en las centrales térmicas (Fernández, 2012).

4.3.1.3. Color

Esta característica del agua puede estar asociada con la turbiedad o puede aparecer independiente a ella. Se considera que el color natural del agua puede originarse por las siguientes causas: la extracción acuosa de sustancias vegetales; la descomposición de la materia; materia orgánica del suelo; presencia de metales como hierro, manganeso y otros compuestos; y una combinación de los procesos mencionados anteriormente. Se denomina color aparente es el color de agua cruda o natural y color verdadero al que queda después de la filtración del agua. Existe una variedad de técnicas para eliminar el color, los principales son la coagulación por compuestos químicos como el alumbre y el sulfato férrico a pH bajos y las unidades de contacto o filtración ascendente (Mejía, 2010, p. 35).

4.3.1.4. Olor y sabor

Están estrechamente relacionados; esta característica es la razón principal de rechazo por parte del consumidor. En términos prácticos, la ausencia de olor puede indicar indirectamente la ausencia de contaminantes, como los compuestos fenólicos. Por otra parte, el olor a sulfuro de hidrógeno puede indicar una acción séptica de compuestos orgánicos presentes en el agua. Las sustancias que producen olor y sabor en aguas crudas pueden ser compuestos orgánicos producidos por la actividad de algas y microorganismos o descargas de desechos industriales. En el agua se pueden considerar cuatro sabores principales: ácido, salado, dulce y amargo (Mejía, 2010).

4.3.1.5. Conductividad

Es la capacidad que presenta el agua para generar energía eléctrica. Se debe a las sales disueltas que contiene. La conductividad es afectada por el tipo de terreno que atraviesa el agua

y por la presencia o no de vertidos de aguas residuales ya que los iones que contienen no son eliminados por los procesos de depuración. Este parámetro se utiliza para evaluar la existencia de algunos vertidos y la probabilidad de reutilización del agua de riego; las medidas se realizan mediante un conductímetro (Fernández, 2012).

4.3.2. Parámetros químicos

A continuación, se describen los diferentes tipos de parámetros químicos.

4.3.2.1. Potencial de hidrogeno

El potencial de hidrogeno (pH) es una unidad de medida como el metro para la longitud y el litro para el volumen, pero esta es una medida de la acidez o de la alcalinidad de cualquier tipo de sustancia. Las bases y los ácidos tienen una característica en común la cual permite la medición y es la concentración de los iones de hidrogeno. Los ácidos fuertes presentan grandes concentraciones de hidrogeno y los ácidos débiles presentan concentraciones bajas, esto quiere decir que el pH es el valor numérico que muestra la concentración de iones de hidrogeno. El pH posee su propia escala, esta va desde 0 a 14, el 0 es el indicador de máxima acidez, y el 14 es la mínima acidez, también existe un punto neutral y este es el intermedio es decir el número 7 en la escala (Arévalo, 2018).

4.3.2.2. Oxígeno disuelto

El agua debe tener una temperatura normal, por ejemplo, si está caliente reduce la cantidad de oxígeno en el agua o también si existen bacterias o minerales en el agua. El oxígeno también reduce el crecimiento de las plantas que están a su alrededor, por lo que los fertilizantes aportan más nitratos y fosfatos a las plantas (Pozo, 2020).

4.3.2.3. Sólidos totales disueltos

Es una medida de la materia de menos de 2 micrones y no pueden ser eliminados con filtros convencionales. Los sólidos totales disueltos (TDS) es básicamente la suma de todos los minerales, metales y sales disueltas en el agua, es un excelente indicador de la calidad del agua y se sugiere un máximo de 500 mg/L en agua potable. Para aquellos que no están familiarizados con el agua con alto contenido de TDS pueden causar irritación gastrointestinal al beberla (Sigler & Bauder, 2012).

4.3.3. Parámetros biológicos

A continuación, se describen los diferentes tipos de parámetros biológicos.

4.3.3.1. DB05

Es la cantidad de oxígeno utilizada para la oxidación bioquímica de la materia orgánica en condiciones específicas de tiempo y temperatura. Esta es la prueba principal para evaluarla calidad de las aguas residuales. La DBO5 normalmente se mide a 20 °C después de incubación

durante 5 días; mide la cantidad de oxígeno que consumen las bacterias durante la oxidación de la materia orgánica presente en el agua residual (Argandoña & Macías, 2013, p. 37).

4.3.3.2. Coliformes fecales

Son microorganismos de estructura similar a la bacteria común llamada *Escherichia coli*, que normalmente, infectan los intestinos de los humanos y animales. Hay diversos tipos de *Escherichia*; algunos no causan daño en condiciones normales, mientras que otros pueden provocar la muerte. La *Escherichia* no sobrevive mucho tiempo en el agua de mar, pero otros coliformes fecales sí. Por lo tanto, en su mayoría se reportan juntos y ambos son indicadores de la contaminación bacteriana de ríos y las playa. La contaminación por coliformes fecales es uno de los problemas más influyentes en la degradación de los cuerpos de agua (Mora & Calvo, 2010, pp. 35–37).

A continuación, se presentan los parámetros físicos, con sus respectivos criterios de calidad, ver Tabla 2.

Tabla 2
Parámetros y criterio de calidad

Parámetro	Variable	Unidad	Criterio de calidad
Físico	PH	-	7.2 – 7.6
	Turbidez	NTU	0 - 5
	TDS	ppm	300 – 600
	Temperatura	°C	24 - 28

Nota. Tomado de (Mora & Calvo, 2010)

4.4. Medición de los parámetros del agua

4.4.1. Técnicas para la medición del agua

A continuación, se describen las diferentes técnicas para la medición del agua.

4.4.1.1. Monitoreo de variables físicos-químicos

(Urbanas, 2018) indica que, este monitoreo consiste en el control de las variables fisicoquímicas del agua, implica llevar a cabo mediciones periódicas de los parámetros fisicoquímicos de la misma. Es un método beneficioso para evaluar la calidad del agua y desarrollar estrategias para su gestión, no obstante, es importante tener en cuenta que este monitoreo debe relacionarse con el monitoreo biológico y visual para tener una visión total del lugar, al contar con un estudio de parámetros que integre los valores físico-químicos, biológicos y variables obtenidas visualmente, nos permite estimar con precisión la calidad del agua. Algunos parámetros fisicoquímicos indicadores de calidad de agua son el cloro, nivel de pH, alcalinidad, sólidos disueltos totales, conductividad, temperatura y turbidez.

4.4.1.2. Monitoreo biológico

(Urbanas, 2018) menciona que, el monitoreo biológico se fundamenta en el uso del sistemático de respuestas biológicas de los organismos que habitan en el agua, con el propósito de evaluar cambios ambientales y analizar la calidad del ecosistema. Estos organismos se denominan indicadores biológicos de la calidad del agua o bioindicadores. Los bioindicadores más utilizados para el monitoreo de la calidad del agua son bacterioplancton, fitoplancton, perifiton, macrófitas, macroinvertebrados.

4.4.2. Dispositivos para el monitoreo de piscinas recreativas

4.4.2.1. Turbidímetro de Laboratorio 2100N

Es un instrumento que mide la turbidez de una muestra líquida en unidades de turbidez nefelométricas y unidades de la European Brewing Convention. Los factores de conversión utilizados para calcular NEP y EBC son 6,7 nefelométrico a 1 NTU y 0,245 EBC a 1 NTU. El turbidímetro posee una salida RS232 para su conexión a una impresora, registrador de datos u ordenador. El amplio rango de medición puede adaptarse a diferentes aplicaciones. Puede medir la turbidez en un rango que va desde 0,01 NTU hasta 4000 NTU, según el modelo y la configuración específicos (HACH, 2014).

Figura 1.

Turbidímetro de Laboratorio 2100N



Nota. Elaboración propia

4.4.2.2. Medidor portátil Serie HQ

El medidor portátil Serie HQ mide pH, conductividad, salinidad, sólidos disueltos totales (TDS) y oxígeno disuelto (LDO) con el uso de sondas IntelliCAL. El dispositivo identifica automáticamente el tipo de sonda que se conecta. El número de serie único, la calibración actual y el historial de calibración se almacenan en los electrodos. Si se selecciona

la configuración predeterminada por defecto, el usuario puede realizar mediciones sin sacar el dispositivo. La identificación del usuario, la identificación de la muestra y los parámetros de almacenamiento de datos facilitan la gestión de los datos (HACH, 2022).

Figura 2.
Medidor portátil Serie HQ



Nota. Tomado de (HACH, 2022)

4.4.2.3. Termómetro digital HI985394

El termómetro digital utiliza un contrapeso de acero inoxidable y una sonda que incorpora un termistor NTC, permitiendo realizar mediciones de temperaturas precisas a varias profundidades.

El termómetro cuenta con la tecnología CAL Check diseñada para garantizar y mantener lecturas confiables y precisas. El CAL Check cuenta con un ajuste automático al iniciar el medidor para un autodiagnóstico en busca de posibles desviaciones en cuestión de segundos. Muestra un valor de 0 si todo se encuentra en orden, excepto si detecta algún fallo, automáticamente muestra Err en su pantalla (HANNA, s/f-a).

Figura 3.
Termómetro digital HI985394



Nota. Tomado de (HANNA, s/f-a)

4.4.2.4. Medidor HI98129

Es un medidor de bolsillo compacto y resistente al agua, permite medir el pH, conductividad y TDS, agilizando el monitoreo eficiente bajo el agua.

Este medidor ofrece mediciones de pH, conductividad entre 0 a 3,999 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y TDS en un rango de 0 a 2000 ppm, todo en un único instrumento de bolsillo. Gracias a la integración de sensores, la necesidad de llevar a cabo las mediciones de los parámetros físicos con diferentes dispositivos queda descartada y ya no existe la necesidad de cambiar de medidores, agilizando el tiempo en cada una de las pruebas (HANNA, s/f-b).

Figura 4.
Medidor HI98129



Nota. Tomado de (HANNA, s/f-b)

4.4.3. Beneficios de implementar un monitoreo remoto en piscinas recreativas

Según (Ensaco, 2023), la implementación de un monitoreo remoto en piscinas recreativas ofrece una serie de beneficios significativos, los cuales se detallan a continuación:

4.4.3.1. Control remoto

La implementación de un sistema de monitorización y control remota mediante dispositivos móviles es una de los principales beneficios de las piscinas inteligentes. Este sistema permite realizar operaciones como activar la bomba de agua, ajustar la temperatura y programar el sistema de filtración de la piscina.

4.4.3.2. Automatización

Una piscina inteligente cuenta con sensores integrados instalados para monitorear y regular en tiempo real los niveles de los parámetros físicos y químicos en estos espacios. La automatización simplifica las tareas de mantenimiento de la calidad del agua dando como resultado un mejor confort y seguridad de los bañistas.

4.4.3.3. Eficiencia energética

Una solución eficaz para optimizar el consumo energético de la piscina es emplear sistemas de filtración o una bomba automática programada para funcionar en el horario determinado. Además, se podría aprovechar la energía solar para integrar un sistema fotovoltaico para alimentar diversos sistemas de control, con ello reduciríamos los costes energéticos a largo plazo.

4.4.3.4. Análisis y datos

Contar con una base de datos nos permitirá recopilar diversos aspectos como el consumo de energía, los parámetros físicos y químicos del agua. Esta información es útil para que el usuario obtenga información más detallada del rendimiento de la piscina, permitiendo optimizar las actividades de mantenimiento y ajustar el rendimiento de los diferentes sensores.

4.4.3.5. Automatizar el proceso de filtración

Para garantizar una filtración adecuada y continua en piscinas recreativas es conveniente instalar un sistema de domótica. Con ello podemos operar la filtración automática para evitar un funcionamiento prolongado del filtro y a su vez reducir el flujo de gas, obteniendo una filtración eficiente y un consumo de energía reducido con la automatización.

4.4.3.6. Control de la temperatura

Esta función permite al bañista eliminar la satisfacción de sentir frío bajo el agua y le permite ajustar la temperatura del agua a su preferencia, contar con una piscina inteligente posibilita tener el control de variar la temperatura en cualquier ocasión del día.

4.5. Internet de las cosas

(García, 2022) menciona que, el Internet de las cosas (Internet of Things, IoT) es un sistema tecnológico que permite que los objetos se conecten entre sí y a Internet. Implica la integración de sistemas ciber físicos, computación integrada y aplicaciones que utilizan la infraestructura de Internet. Esta tecnología busca crear un entorno interconectado de dispositivos y máquinas, un dispositivo IoT se caracteriza por ser un sistema electrónico que incorpora un procesador, sensores, actuadores que permiten medir y ejecutar acciones específicas en base a los datos recibidos, por medio de comunicaciones alámbricas o inalámbricas (p. 3).

4.5.1. Sistemas embebidos

Los sistemas embebidos son un conjunto de sistemas y mecanismos electrónicos integrados, diseñados para llevar a cabo tareas específicas como el control y monitorización de manera automática y óptima. Estos sistemas consisten en una combinación de hardware y software diseñados con la finalidad de ejecutar funciones computacionales. El hardware comprende microcontroladores o microprocesadores encargados de ejecutar el software embebido. Este último se compone de un conjunto de programas y algoritmos optimizados para cumplir con las funciones requeridas, además, provee los elementos esenciales para llevar a cabo estas operaciones como sensores, actuadores, interfaces de comunicación y memoria. Por el contrario, el software es el encargado de supervisar y gestionar los recursos del sistema, tales como la interacción con periféricos, el procesamiento de datos, la comunicación con el usuario y la ejecución de tareas particulares (Yuridia, 2023).

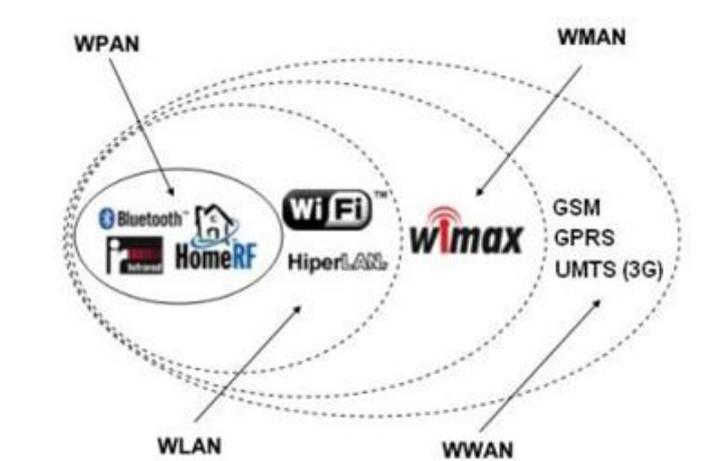
4.6. Red inalámbrica

Una red inalámbrica es una red en la que dos o más dispositivos se comunican sin necesidad de una conexión por cable, utilizando ondas electromagnéticas, de radio, microondas o infrarrojos. Existen varias tecnologías, que difieren en la frecuencia utilizada, el alcance y la velocidad de transmisión. Las redes inalámbricas facilitan la conectividad entre dispositivos que se encuentran a pocos metros o varios kilómetros de distancia (Lederkremer, 2019, p. 96).

4.6.1. Clasificación de redes inalámbricas

Las redes inalámbricas pueden ser clasificadas en cuatro grupos dependiendo del área de aplicación y del alcance de la señal (Virgilio Rey, 2022, pp. 37–38):

Figura 5.
Redes inalámbricas



Nota. Tomado de (Virgilio Rey, 2022)

4.6.1.1. Red de área personal inalámbrica

Las redes personales están diseñadas para conectar de forma inalámbrica dispositivos móviles como teléfonos móviles, cámaras o PDA. Las tecnologías Bluetooth, HomeRF e infrarrojos IrDA entran en esta gama. Su alcance suele ser inferior a un par de metros.

4.6.1.2. Red de área local inalámbrica

Las redes de área local están diseñadas para interconectar equipos informáticos móviles dentro de edificios o para crear conexiones con equipos fijos a distancias cortas o medias. HiperLAN y la familia de normas IEEE 802.11 conocida como Wi-Fi entran en esta categoría. Su alcance máximo teórico es de unos 10 kilómetros.

4.6.1.3. Redes inalámbricas de área metropolitana

Las redes de área metropolitana están diseñadas para proporcionar una comunicación de alta velocidad y larga distancia. A esta categoría pertenece WiMax, que aún no está totalmente normalizado y puede alcanzar distancias de hasta 50 km

4.6.1.4. Redes inalámbricas de área extensa

Las redes de área extensa están diseñadas para cubrir grandes zonas mediante la instalación de múltiples antenas que dividen el área de cobertura en células. Las redes GSM, GPRS y UMTS, muy utilizadas en comunicaciones móviles, son ejemplos de esta tecnología.

4.6.2. Modos de funcionamiento inalámbrico

4.6.2.1. Modo Ad-Hoc

El modo ad hoc permite a los dispositivos inalámbricos interconectarse entre sí sin necesidad de un punto de acceso, estableciendo conexiones punto a punto. Cada una de estas redes punto a punto se denomina Independent Basic Service Set (IBSS) y las conexiones tienen

su propio identificador llamado Independent Basic Service Set Identifier (IBSSID) (Virgilio Rey, 2022).

4.6.2.2. Modo de Infraestructura

En modo infraestructura, los equipos que componen la red se conectan entre sí a través de un punto de acceso, que a su vez proporciona acceso a una red cableada. Esta es la forma habitual de configurar una red inalámbrica. El área de cobertura de un punto de acceso se denomina con el nombre de Basic Service Set (BSS) y se identifica mediante un nombre de red llamado Service Set Identifier (SSID). La red puede estar formada por varios puntos de acceso interconectados de forma cableada, lo que se conoce como una Extended Service Set (ESS) (Virgilio Rey, 2022).

4.7. Normativas y regulaciones

4.7.1. La Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA)

(Ministerio del Ambiente, 2022) menciona, la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA) ha emitido la regulación Nro. 011-2022 y la regulación Nro. 012-2022 con el propósito de incentivar el uso eficiente del agua potable y mejorar el control técnico del agua del consumo humano del país. ARCA dispondrá de las herramientas necesarias para controlar la calidad del agua potable del país mediante la recopilación de información, la implantación de planes de mejora y la realización de inspecciones en el territorio. También identificará las pérdidas de agua potable para llevar a cabo un control eficaz dirigido a optimizar y gestionar eficazmente el servicio.

4.7.2. Regulación Nro. DIR-ARCA-RG-011-2022

(Agencia de Regulación y Control del Agua, 2022b) manifiesta que, el objetivo de la Regulación Nro. DIR-ARCA-RG-011-2022 es “Establecer los criterios técnicos para el control de la gestión en el uso eficiente del agua potable y la aplicación del programa de uso eficiente del agua que forma parte del Plan de Mejora que deben cumplir los prestadores del servicio de agua potable”. El Reglamento 011 define criterios técnicos para disminuir las pérdidas de agua potable en los sistemas gestionados por las municipalidades y las Juntas Administradoras de Agua Potable (JAAP). Como resultado, los prestadores públicos y comunitarios en esta área deben presentar un plan que promueva un uso eficiente del agua, incorporando la instalación de medidores para determinar las cantidades reales de agua distribuida y facturada a cada hogar por las plantas de potabilización.

4.7.3. Regulación Nro. DIR-ARCA-RG-012-2022

(Agencia de Regulación y Control del Agua, 2022c) señala que, el objetivo de la Regulación Nro. DIR-ARCA-RG-011-2022 es “Establecer los criterios técnicos para el control

a la calidad del agua destinada al consumo humano en sus diferentes fases, que proveen los prestadores del servicio de agua potable en todo el territorio ecuatoriano”. La regulación 012 establece normas de control de la calidad del agua destinada al consumo humano en todas las fases de los sistemas de abastecimiento de agua, incluidas la captación, el tratamiento y las redes de distribución. La ley es obligatoria para todos los prestadores de agua potable, que deben vigilar y controlar la calidad del agua en sus sistemas de abastecimiento. Se aplicará dos tipos de control, el control preventivo determina las características físicas, químicas y microbiológicas del agua antes de entregarla a los prestadores para su tratamiento. El control operativo garantiza que el agua suministrada al público es apta para el consumo humano.

4.7.4. Regulación NRO. ARCA-DE-016-2022

(Agencia de Regulación y Control del Agua, 2022a) menciona que, para la implementación de la Regulación Nro. DIR-ARCA-RG-012-2022, se considere tener en cuenta los parámetros y frecuencia de monitoreo para el control a la calidad del agua de consumo humano. Se referirá exclusivamente a la selección del reglamento que tiene una relación directa con el proyecto propuesto: Artículo 1. Parámetros de Calidad del Agua. En referencia a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108, los prestadores del servicio de agua potable deben monitorear y evaluar los parámetros de calidad del agua destinada al consumo humano, clasificándolos en diferentes grupos según el nivel de aceptabilidad, riesgo sanitario y seguridad. Estos grupos se dividen en el monitoreo obligatorio, el monitoreo básico, el monitoreo suplementario y el monitoreo especial. Artículo 2. Parámetros de Control Obligatorio. Estos parámetros permiten caracterizar y evaluar la calidad del agua, lo que proporciona una referencia inicial para el consumo humano. La tabla 3 muestra los parámetros de control obligatorio.

Tabla 3
Parámetro de control obligatorio

Parámetro	Unidad	Límite permitido
Color aparente	Pt-Co	15
Cloro libre residual	Mg/L	0.3 a 1.5
Coliformes fecales	Número/100mL	Ausencia
pH	-	6.5 – 8.0
Turbiedad	NTU	5

Nota. Tomado de (Agencia de Regulación y Control del Agua, 2022a)

5. Metodología

En esta sección, se detallan los métodos empleados para ejecutar el presente Trabajo de Titulación. La elección adecuada de los materiales y métodos es fundamental para cumplir satisfactoriamente con las actividades planificadas. Además, se describe detalladamente los instrumentos, procedimientos y técnicas utilizadas en el desarrollo del Trabajo de Titulación.

5.1. Área de Estudio

El presente Trabajo de Titulación, se desarrolló en las piscinas municipales de la ciudad de Loja, con la colaboración del personal de monitoreo y gestión de mantenimiento. Las pruebas de medición y monitoreo se ejecutaron en las tres piscinas públicas de la ciudad de Loja, las mismas que se encuentran en las coordenadas:

Piscina Municipal N°1: Piscina recreativa del Parque Jipiro.

LATITUD: 3° 58' 26.5'' 'S.

LONGITUD: 79° 12' 9.6'' 'W

Figura 6.

Ubicación de la Piscina Municipal N° 1



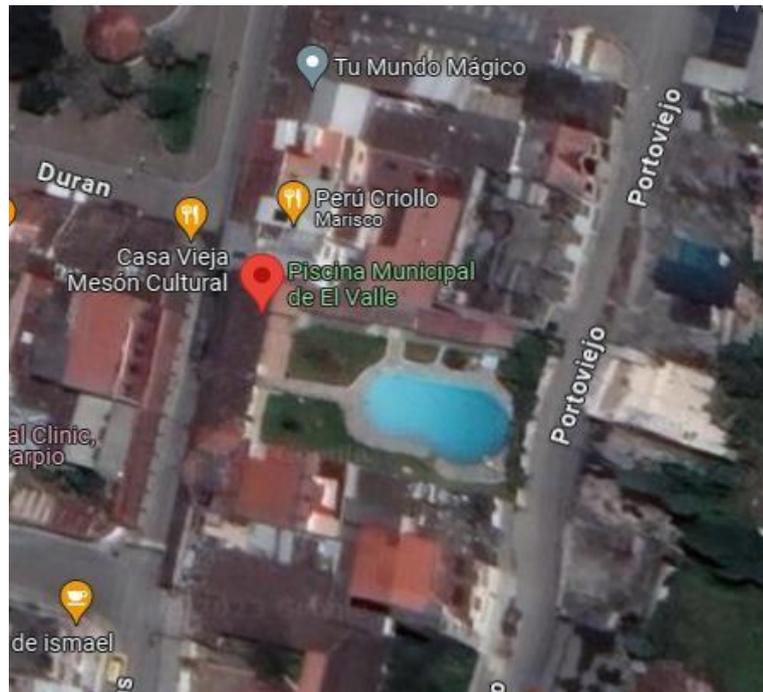
Nota. Tomado de (Google Maps, 2024)

Piscina Municipal N°2: Piscina recreativa del Barrio El Valle.

LATITUD: 3° 58' 56.5'' 'S.

LONGITUD: 79° 12' 4.7'' 'W

Figura 7.
Ubicación de la Piscina Municipal N°2



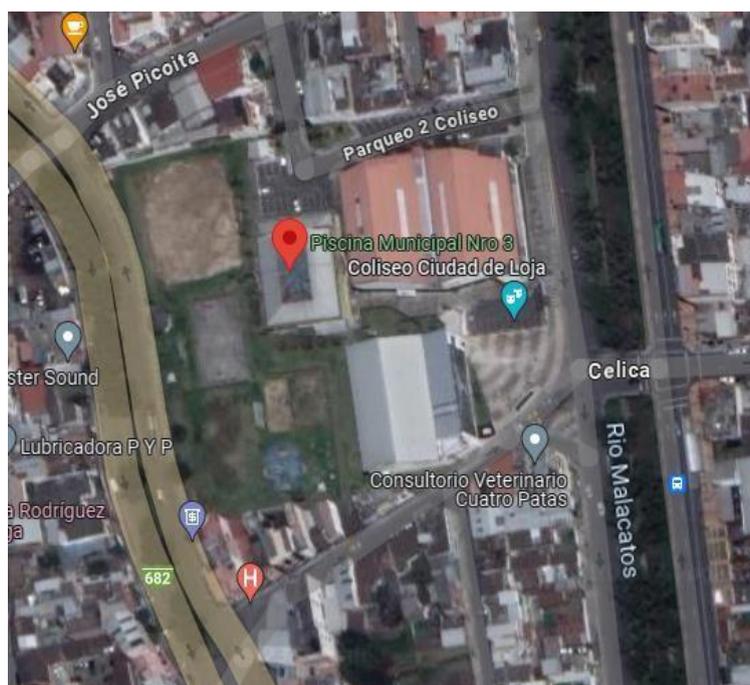
Nota. Tomado de (Google Maps, 2024)

Piscina Municipal N° 3: Piscina recreativa del Coliseo de la ciudad de Loja.

LATITUD: 4° 0' 19.9'' 'S.

LONGITUD: 79° 12' 18.6'' 'W

Figura 8.
Ubicación de la Piscina Municipal N° 3



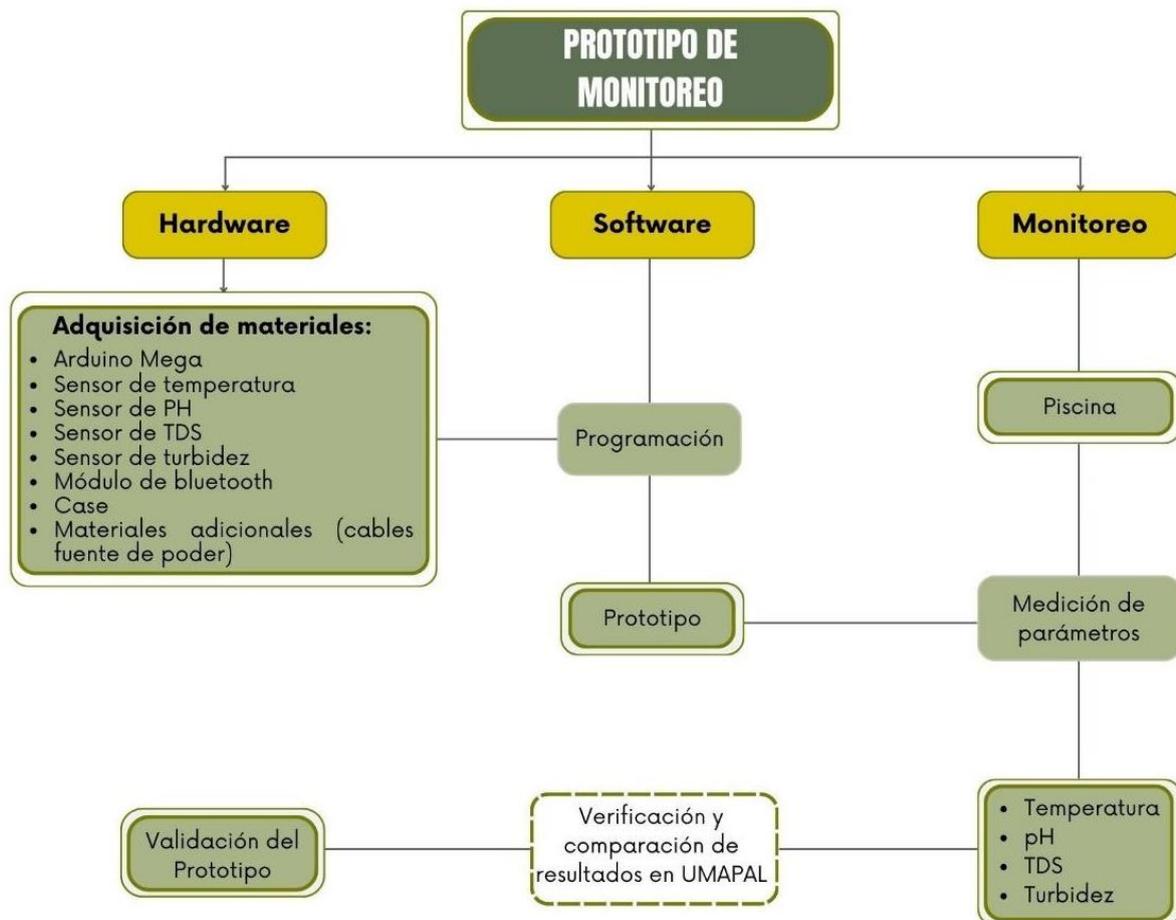
Nota. Tomado de (Google Maps, 2024)

5.2. Recopilación de información

Se investigó acerca de los parámetros a medir en piscinas recreativas y en qué condiciones pueden tener un impacto negativo en la calidad del agua en estos espacios recreativos.

5.3. Métodos

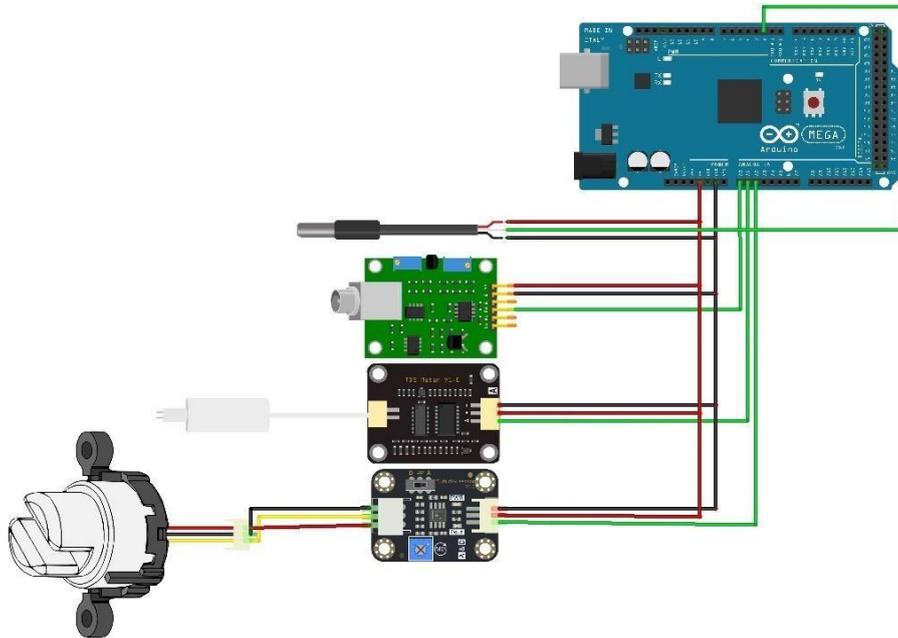
A continuación, se detallan los métodos que se empleó para el desarrollo del proyecto, abordando las etapas de investigación, implementación y evaluación del prototipo de monitoreo en piscinas recreativas.



5.3.1. Selección de dispositivos

Se seleccionó los dispositivos que se adaptan de mejor manera a las necesidades del proyecto, considerando factores como la compatibilidad, precisión y rango de medición para garantizar un buen rendimiento. En la Figura 9, se visualiza el esquema de conexiones:

Figura 9.
Esquema de conexiones



Nota. Elaboración propia

5.3.1.1. Sensor de pH GAOHOU PH0-14

El sensor de pH GAOHOU PH0-14 es un dispositivo que permite medir el pH de una solución. El pH se mide en una escala de 0 y 14, donde un valor igual a 7 significa que la solución no es acida ni alcalina. Un valor pH menor de 7 significa que la solución es acida y un valor de pH mayor a 7 representa una solución alcalina. Posee una sonda de electrodo de pH que se calibra con una solución amortiguadora antes de su uso (Electronilab, 2023)

Figura 10.
Sensor de pH GAOHOU PH0-14



Nota. Tomado de (Electronilab, 2023)

Características de la tarjeta de datos:

- Alimentación: 5 V
- Consumo: 5-10 mA

- Rango de medición: 0-14 pH
- Temperatura de medición: 0-80 °C
- Precisión: $\pm 0.1\text{pH}$ (25 °C)
- Tiempo de respuesta: $\leq 5\text{s}$
- Sonda de pH con conector BNC

Características de la sonda PH BNC:

- Rango de PH: 0-14 PH
- Rango de temperatura: 0-60 °C
- Tiempo de respuesta: $\leq 1\text{min}$
- Temperatura de funcionamiento: 0-60 °C
- Bloques de terminales: conector BNC

5.3.1.2. Sensor de temperatura DS18B20

El sensor DS18B20 es un sensor de temperatura digital encapsulado por un cuerpo resistente al agua ideal para la medición de temperatura en lugares con presencia de líquidos, ofrece la toma de valores desde un rango de temperatura de -55°C a 125°C . Además, utiliza el protocolo de comunicación OneWire para transmitir los datos medidos de temperatura. Su cuerpo resistente al agua permite un uso fácil de integrar en proyectos que tengan como finalidad la medición en presencia de agua, permitiendo la medición precisa de temperatura en lugares sumergibles o húmedos (Maxim Integrated, 2015).

Figura 11.

Sensor de temperatura DS18B20



Nota. Tomado de (Maxim Integrated, 2015)

Características del sensor DS18B20:

- Rango de temperatura: -55 a 125°C
- Resolución: de 9 a 12 bits
- Interfaz 1-Wire

- Precisión: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
- Tiempo de captura inferior a 750ms
- Alimentación: 3.0V a 5.5V

5.3.1.3. Sensor de turbidez SEN0189

El sensor de turbidez SEN0189 es un dispositivo que permite medir la turbidez del agua para determinar su calidad. Utiliza la luz para detectar las partículas suspendidas en el agua basándose en el índice de dispersión de la luz y la transmitancia, las cuales cambian con la cantidad de sólidos suspendidos totales (SST) presentes en el agua. El nivel de turbidez del agua aumenta con la cantidad de sólidos suspendidos totales (DFROBOT, 2022).

Figura 12.

Sensor de turbidez SEN0189



Nota. Tomado de (DFROBOT, 2022)

Características del sensor de turbidez SEN0189:

- Voltaje de funcionamiento: 5V DC
- Corriente de funcionamiento: 40 mA.
- Tiempo de respuesta: <500 ms.
- Resistencia de aislamiento: 100M.
- Salida analógica: 0-4.5V.
- Rango de temperatura: $5^{\circ}\text{C}\sim 90^{\circ}\text{C}$.
- Peso: 30g.

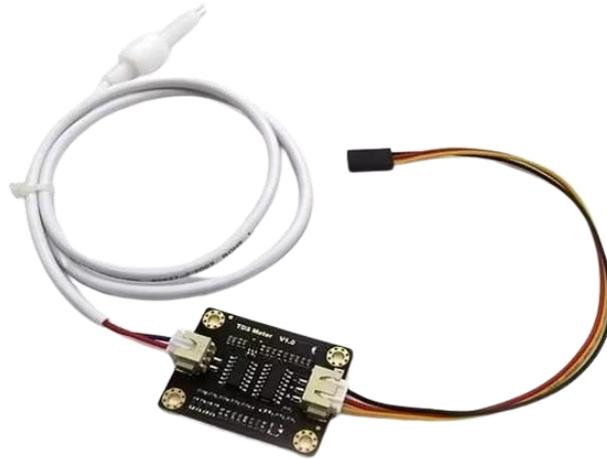
5.3.1.4. Sensor de solidos totales disueltos

Según (METTLER TOLEDO, 2014), el sensor de solidos totales disueltos permite medir la conductividad del agua y evaluar la capacidad de una solución para conducir una corriente eléctrica. La solución es conductora debido a la presencia de iones: cuanto mayor es la concentración de iones, más conductora es la solución. Consta de una sonda impermeable

para la inmersión en líquidos, su cuerpo resistente al agua permite un uso fácil de incorporar en proyectos con intención de la medición en presencia de agua, permitiendo la medición precisa en lugares sumergibles.

Figura 13.

Sensor de solidos totales disueltos



Nota. Tomado de (Hackster, 2021)

Características de la tarjeta transmisora:

- Voltaje de entrada: 3.3 ~ 5.5V
- Voltaje de salida: 0 ~ 2.3V
- Corriente de trabajo: 3 ~ 6mA
- TDS Rango de medición: 0 ~ 1000ppm
- Precisión de medición TDS: $\pm 10\%$
- Tamaño del módulo: 42 * 32mm
- Módulo de interfaz: PH2.0-3P
- Interfaz de electrodo: XH2.54-2P
- Características de la sonda TDS:
 - Número de agujas: 2
 - Longitud total: 83cm
 - Interfaz de conexión: XH2.54-2P

5.3.2. Software

Se eligió el software de programación compatible con el microcontrolador que se utilizará, además de la instalación de librerías necesarias para cada sensor, así como la calibración de cada uno ellos para ajustar las lecturas y mediciones.

5.3.2.1. Software Arduino IDE

Arduino es una plataforma de desarrollo basada en una placa de hardware de código abierto que integra un microcontrolador programable y una serie de pines. Estos pines permiten al microcontrolador conectarse a diversos sensores y actuadores. Una placa de circuitos electrónicos, también conocida como PCB (Printed Circuit Board), está formada por superficies planas de material no conductor con capas de material conductor, lo que la convierte en la forma más compacta y estable de construir circuitos electrónicos.

En este contexto, una placa Arduino se considera una placa de circuito impreso en la que se implementa una determinada circuitería interna, lo que significa que el usuario final no tiene que preocuparse de las conexiones eléctricas necesarias para el microcontrolador y puede centrarse directamente en desarrollar diversas aplicaciones electrónicas (Jecrespom, 2016).

Para empezar a programar la placa Arduino, fue necesario descargar el IDE (Entorno de Desarrollo Integrado). Este entorno, que es un conjunto de herramientas de software, permite a los programadores escribir, depurar, editar y guardar todo el código necesario para configurar el microprocesador. Una vez instalado el IDE, es necesario configurarlo de forma que facilite la edición de programas, muestre información detallada al compilar y cargar programas en el Arduino y muestre cualquier advertencia del compilador (Aguayo, 2014).

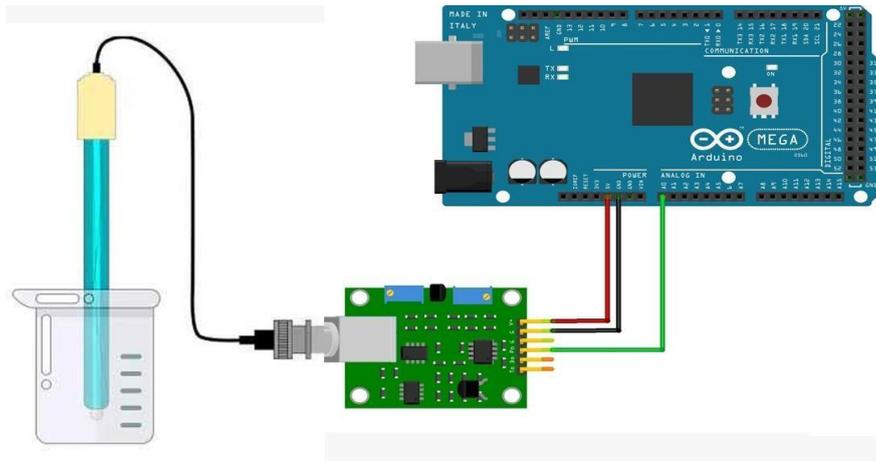
5.3.3. Calibración de los sensores

A continuación, se describe el proceso de calibración de los sensores utilizados para medir los parámetros físicos en piscinas recreativas.

5.3.3.1. Sensor de pH GAOHOU PH0-14

Para la calibración se utilizó soluciones estándar de pH conocidas, normalmente de pH 4.01, 6.86 y 9.18. Ajustar el sensor a estos valores de referencia garantiza mediciones de pH coherentes y fiables, lo que permite a los usuarios confiar en los resultados obtenidos. Este procedimiento debe realizarse con regularidad, teniendo en cuenta factores como la temperatura y las condiciones ambientales para mantener la precisión del sensor a lo largo del tiempo y garantizar la integridad de los datos obtenidos.

Figura 14.
Conexión del sensor de pH



Nota. Elaboración propia

Implementé un enfoque basado en la construcción de una curva de calibración. En este proceso, se llevó a cabo la medición en dos soluciones de referencia pH 4 y pH 7, ver Figura 15 y 16. Se utilizó el sensor de pH para medir las soluciones en milivoltios, en cambio con el medidor de pH medí en términos de pH. Posteriormente, con los valores obtenidos durante este procedimiento generé una curva de calibración. Una vez obtenida esta curva se dedujo su fórmula correspondiente y se incorporó al código de arduino.

De tal manera, el sensor de pH puede realizar mediciones tanto en milivoltios como en unidades de pH, obteniendo un instrumento calibrado para el monitorear pH en diferentes soluciones.

Figura 15.
Solución pH4



Nota. Elaboración propia

Figura 16.
Solución pH7

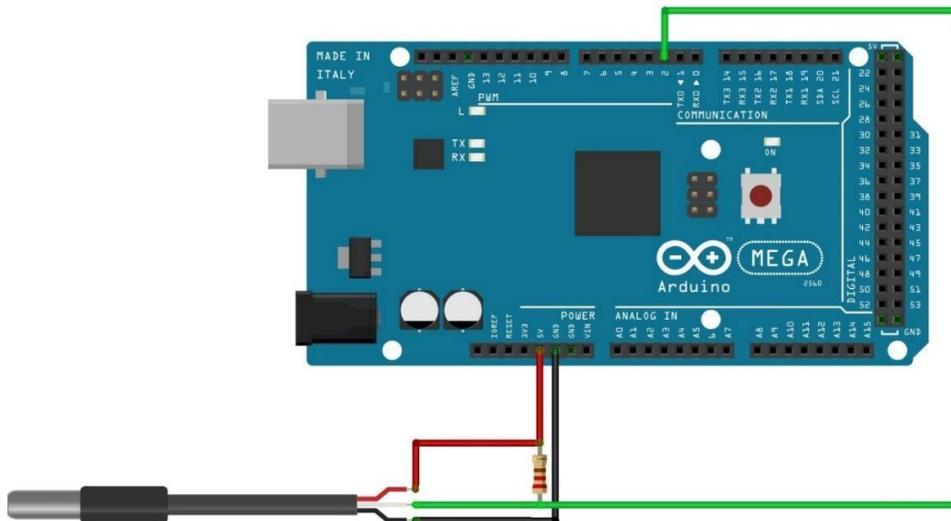


Nota. Elaboración propia

5.3.3.2. Sensor de temperatura DS18B20

El DS18B20 es un sensor de temperatura digital que proporciona mediciones de temperatura con una precisión de 0.5°C sin necesidad de calibración. Para poder trabajar este sensor en Arduino necesitamos dos librerías, la librería OneWire que permite la transferencia de datos usando el protocolo del bus 1-wire y la librería DallasTemperature necesaria para poder realizar las lecturas de temperatura.

Figura 17.
Conexión del sensor de pH



Nota. Elaboración propia

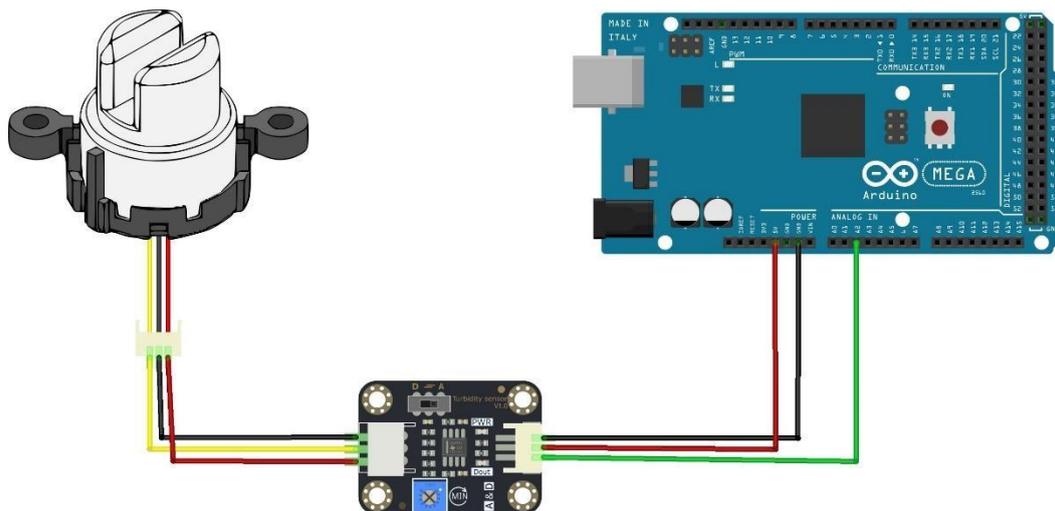
5.3.3.3. Sensor de turbidez SEN0189

Para llevar a cabo la calibración del sensor de turbidez SEN0189 se optó por utilizar un dispositivo especializado conocido como turbidímetro. Este dispositivo se ha utilizado como fuente de referencia para comparar las lecturas del sensor con valores de turbidez conocidos.

Durante el proceso de calibración, el sensor de turbidez SEN0189 se expone a soluciones de referencia con una concentración específica de sólidos suspendidos totales. Implementé un procedimiento similar al utilizado para el sensor de pH, pero en este caso, utilicé un número mayor de soluciones con diferentes concentraciones de partículas en suspensión representadas por diferentes cantidades de café en gramos (0.0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.20 gramos).

Se utilizó el sensor de turbidez para medir las soluciones en voltios, en cambio con el turbidímetro HACH medí en unidades nefelométricas de turbidez (NTU), que son las unidades métricas estándar de turbidez. Posteriormente, con los valores obtenidos durante este procedimiento generé una curva de calibración. Una vez obtenida esta curva se dedujo su fórmula correspondiente y se incorporó al código de arduino. De esta manera, el sensor de turbidez puede realizar mediciones tanto en milivoltios como en unidades de NTU, proporcionando un instrumento calibrado para monitorear la turbidez.

Figura 18.
Conexión del sensor de turbidez



Nota. Elaboración propia

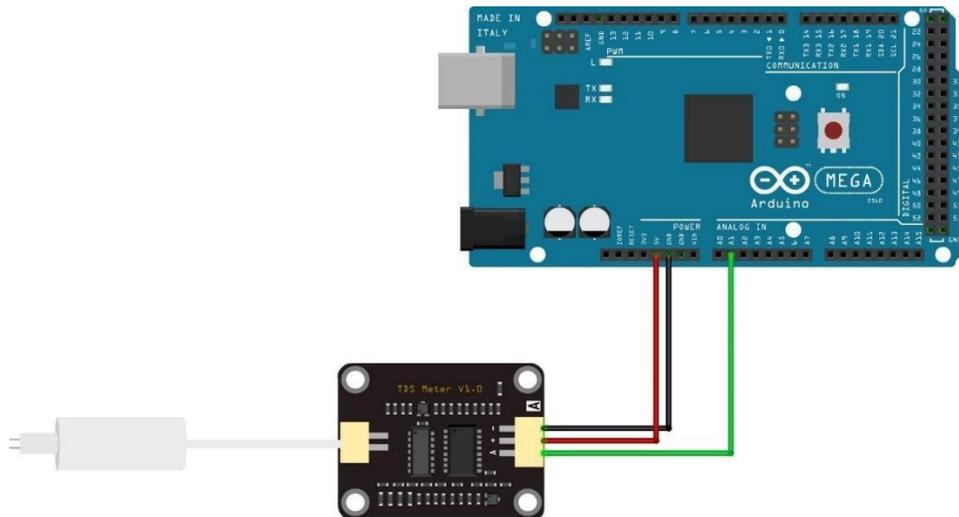
5.3.3.4. Sensor de TDS

Es un sensor de analógico que proporciona una precisión de medición de $\pm 10\%$, la precisión indicada implica que el valor real podría oscilar dentro del rango de $\pm 10\%$. Durante el proceso de calibración, es necesario emplear una solución líquida de conductividad eléctrica o un valor TDS referencial, como una solución tampón estándar de 1413us/cm que equivale aproximadamente a 707 ppm. Si no se dispone de una solución tampón estándar, la medición del valor de TDS de una solución se la puede realizar con un instrumento que mida TDS, como se lo realizó en las instalaciones de la UMAPAL, al ocupar el dispositivo de TDS HACH para medir el TDS de la solución.

Además, debido a las diferencias individuales de las diferentes sondas TDS y con la placa acondicionadora, la falta de compensación de temperatura integrada puede ocasionar variaciones entre el valor medido con respecto al valor real. Por ende, para obtener un valor de TDS más preciso, se integra un sensor de temperatura resistente al agua que mida la temperatura y actualice la variable de temperatura para llevar a cabo una compensación automática de la misma, en este caso se hizo uso del sensor de temperatura DS18B20.

Figura 19.

Conexión del sensor de TDS



Nota. Elaboración propia

5.3.4. Diseño del prototipo

Se enfocó en crear una solución práctica y aplicable que pueda ser utilizada para la monitorización del agua. Se realizó el diseño de un sistema de sensores que permitirán medir los parámetros de la calidad del agua en piscinas con el uso de sistemas embebidos.

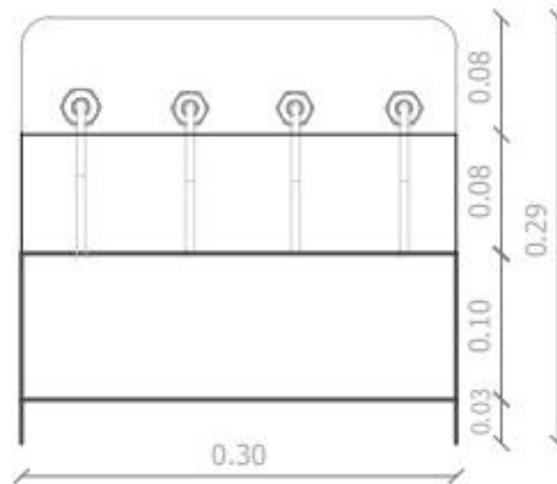
5.3.4.1. Descripción

Diseñado en forma de L, combina funcionalidad avanzada con portabilidad y un diseño intuitivo para facilitar el monitoreo y mantenimiento efectivos del agua en piscinas. La parte frontal, entra en contacto directo con el agua diseñada para realizar tomas de muestras representativas, mientras que la parte vertical en la parte trasera alberga los sensores y componentes electrónicos.

5.3.4.2. Materialidad

Acero inoxidable como material principal, esta elección se basa por ser resistente al agua y productos químicos presentes en las piscinas asegurando durabilidad y fiabilidad a largo plazo.

Figura 20.
Vista aérea

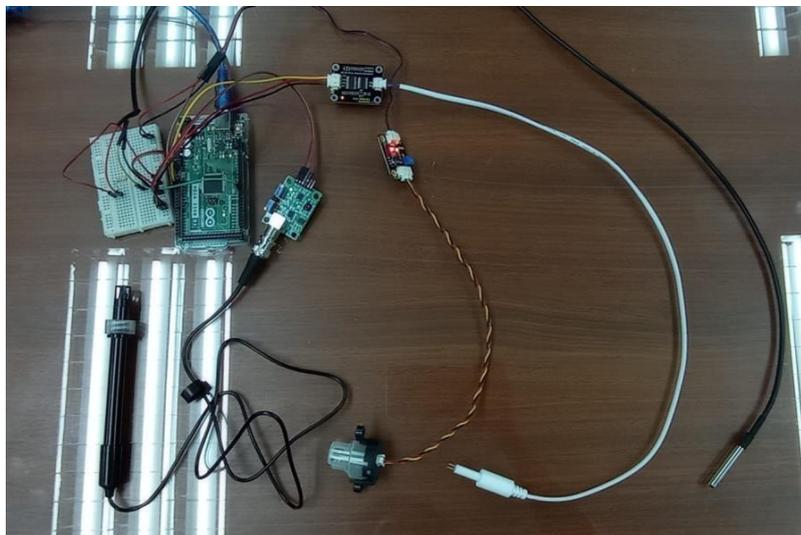


Nota. Elaboración propia

5.3.4.3. Construcción del prototipo

Se ensambló los dispositivos electrónicos y los sensores en la placa de circuito, asegurándonos de que las conexiones sean las correctas, ver Figura 21.

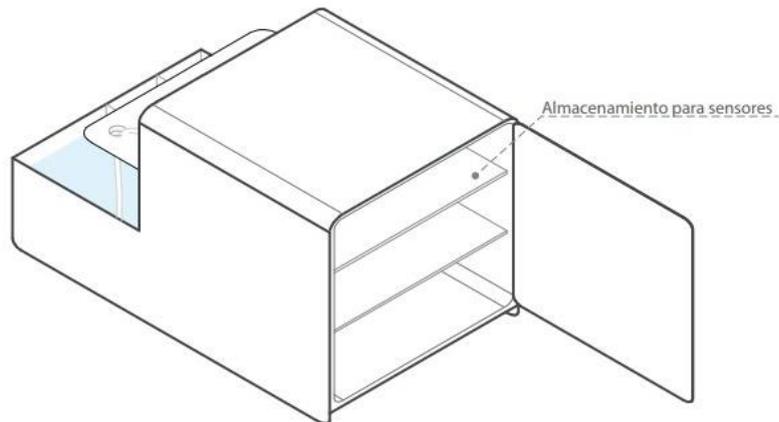
Figura 21.
Sistema de sensores



Nota. Elaboración propia

Se procedió a construir la carcasa que protege a los dispositivos y componentes electrónicos del agua, a su vez facilita el mantenimiento y limpieza del prototipo. Se realizó tres divisiones con el propósito de separar el sensor de pH respecto al sensor de TDS, por la incompatibilidad de su proximidad. De igual manera, se implementó una división exclusiva para el sensor de sensor de turbidez, junto a la instalación de una cubierta protectora con el fin de evitar la interferencia de luz incidente.

Figura 22.
Axonometría trasera



Nota. Elaboración propia

El prototipo final se ha elaborado con acero inoxidable brillante, presentando una estructura de tres secciones destinadas para los sensores. Estos dispositivos están diseñados para medir los parámetros físicos del agua, tales como el pH, turbidez, la concentración de sólidos disueltos totales (TDS) y la temperatura, ver Figura 23.

Figura 23.
Prototipo final



Nota. Elaboración propia

5.3.5. Monitoreo

Se desarrolló una aplicación para dispositivos móviles para la recepción y visualización los datos emitidos por el dispositivo con una interfaz amigable para el usuario que facilite la comprensión de los datos.

5.3.5.1. App Inventor

La aplicación móvil fue creada mediante MIT App Inventor, un entorno de programación visual intuitivo que permite el desarrollo de aplicaciones para dispositivos Android, iPhone y tabletas Android/iOS. Este entorno basado en bloques simplifica la creación de aplicaciones complejas en un tiempo menor en comparación con los entornos de programación convencionales. MIT App Inventor busca democratizar el desarrollo de software, empoderando a todas las personas para pasar de ser consumidores de tecnología a convertirse en creadores de tecnología.

Cuenta con un Diseñador y un Editor de bloques. En el Diseñador, se eligen los componentes básicos necesarios para la aplicación y la interfaz gráfica, mientras que el Editor de bloques es el espacio donde se desarrolla la lógica del programa. Este editor funciona de manera independiente al diseñador de componentes y utiliza un lenguaje visual basado en JavaScript.

5.3.6. Desarrollo de la aplicación móvil

La creación de la aplicación móvil mediante MIT App Inventor consta de tres fases:

Diseño de la interfaz de usuario: En esta fase, se desarrolló la ventana que forma parte de la aplicación y en la cual se puede visualizar los datos enviados por el módulo de bluetooth. En esta pantalla se sitúa distintos elementos como textos, botones, y se configuran sus propiedades. Además, de contar con un diseño de interfaz intuitivo para que facilite al usuario la comprensión de los datos, ver Figura 24.

Figura 24.

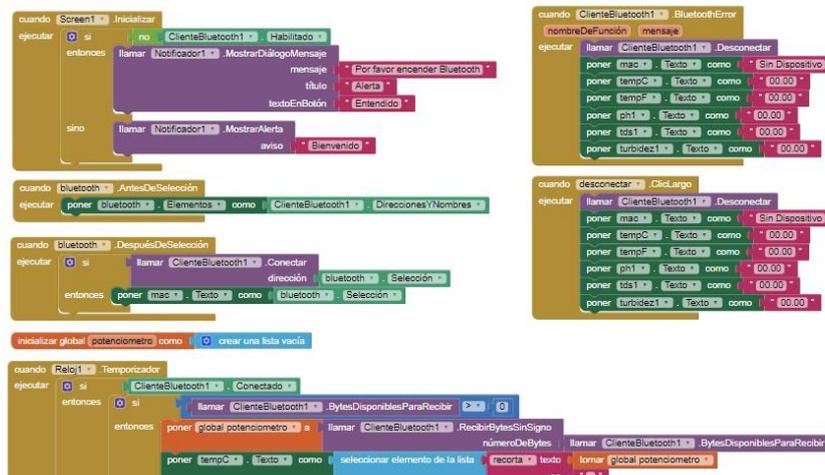
Interfaz de usuario



Nota. Elaboración propia

Editor de bloques: Facilita la programación y permite que esta sea intuitiva, al estar basada en una programación por bloques, ver Figura 25. Cada objeto cuenta con métodos específicos que se pueden invocar, personalizando sus parámetros de llamada.

Figura 25.
Programación por bloques



Nota. Elaboración propia

Generación de la aplicación: Al finalizar las fases de diseño y programación, se genera el instalador APK de la aplicación, ver Figura 26. Contamos de dos maneras de descargar el archivo APK, obteniendo un código QR para su descarga desde el móvil o el propio archivo APK para descargar.

Figura 26.
Generación de la APK



Nota. Elaboración propia

5.3.6.1. Interfaz de usuario

Se enfoca en visualizar y presentar a los usuarios por medio de una aplicación móvil los datos medidos por el prototipo, además de contar con un diseño de interfaz intuitivo para que facilite al usuario la comprensión de los datos.

6. Resultados

6.1. Pruebas de funcionamiento

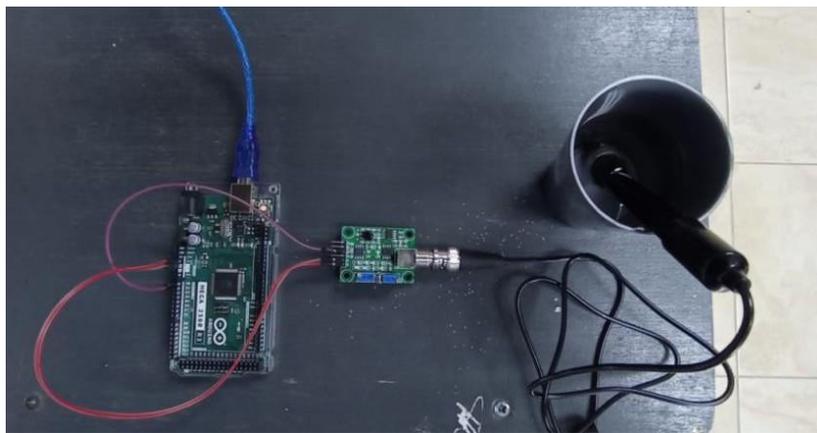
Se realizó pruebas de control para verificar y optimizar software y hardware utilizados en el dispositivo. Esto implica la manipulación de variables y la medición de los resultados obtenidos

6.1.1. Sensor de pH GAOHOU PH0-14

El sensor de pH conectado a Arduino mide el nivel de acidez o alcalinidad de una solución utilizando un electrodo de vidrio. La medición de pH se realiza midiendo el voltaje generado por el electrodo cuando está sumergido. Se necesita una tarjeta acondicionadora adicional que convierta la señal analógica del sensor en una señal digital que el Arduino puede leer, ver Figura 27.

Figura 27.

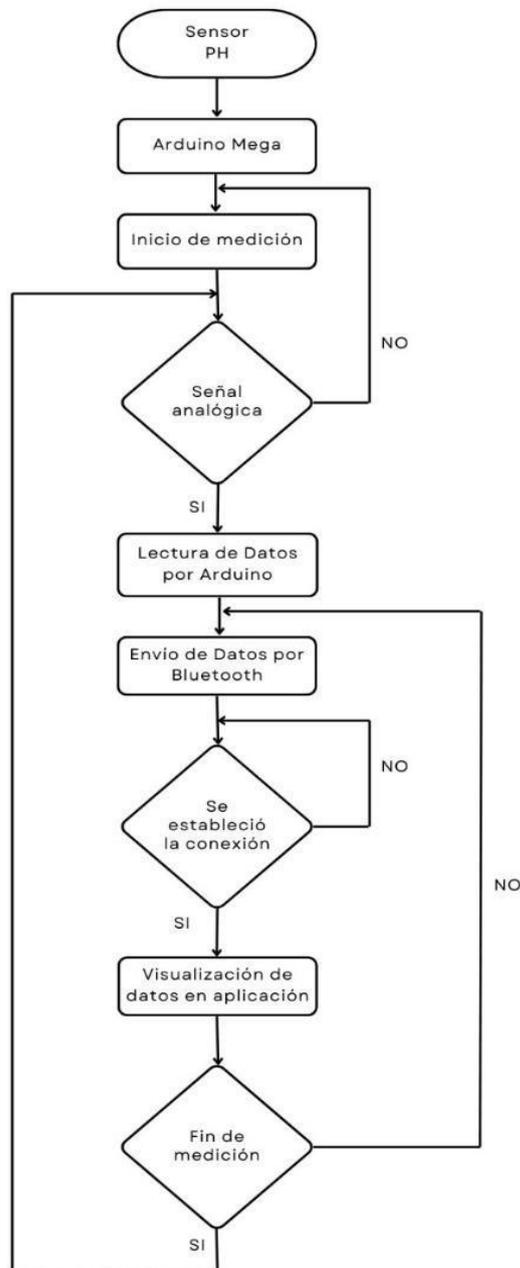
Prueba de funcionamiento del sensor de pH



Nota. Elaboración propia

Una vez establecida la conexión Bluetooth, comienza el envío de datos desde el Arduino hacia el dispositivo móvil, las lecturas del sensor se visualizarán en la interfaz de usuario de la aplicación móvil. A continuación, se presenta el diagrama de flujo del sensor de pH para una mejor comprensión:

Figura 28.
Diagrama de flujo del funcionamiento del sensor de pH



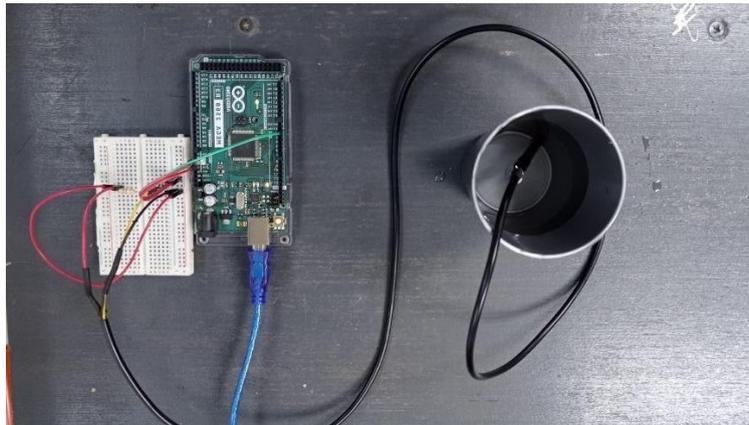
Nota. Elaboración propia

6.1.2. Sensor de temperatura DS18B20

El sensor de temperatura DS18B20 conectado a Arduino mide el nivel de temperatura de una solución utilizando un termómetro digital integrado, ver Figura 29. El termómetro convierte la temperatura medida en una señal digital que el arduino puede leer, este sensor utiliza el protocolo de comunicación OneWire, permitiendo la comunicación con Arduino por un pin de datos.

Figura 29.

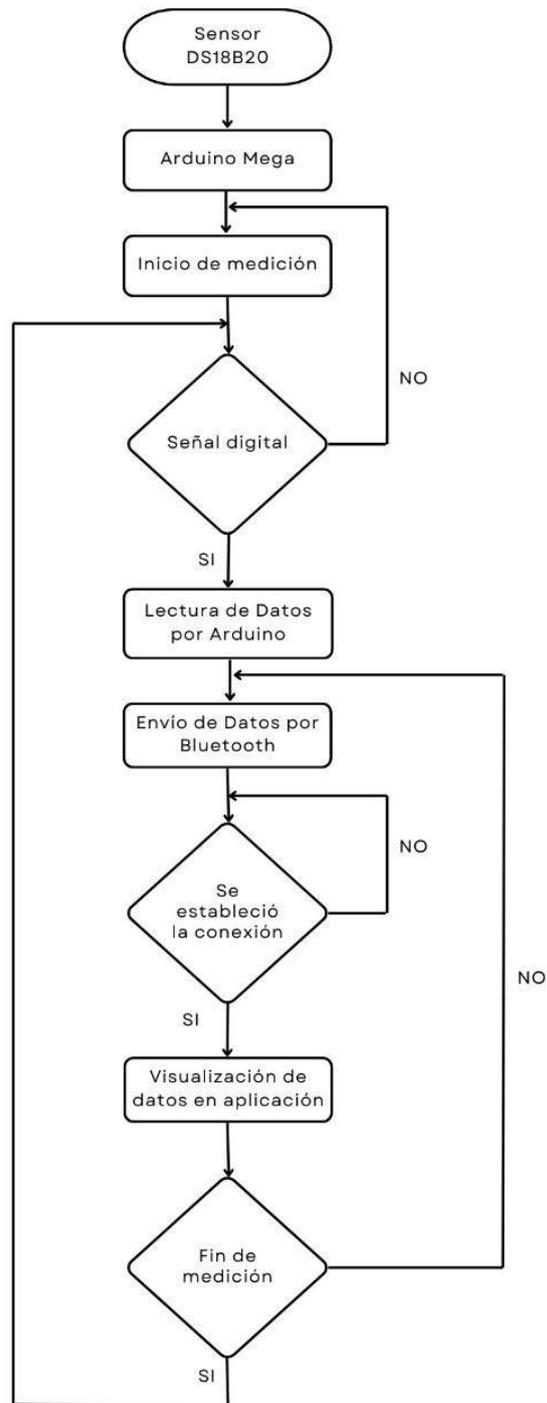
Prueba de funcionamiento del sensor de temperatura



Nota. Elaboración propia

Una vez establecida la conexión Bluetooth, comienza el envío de datos desde el Arduino hacia el dispositivo móvil, las lecturas del sensor se visualizarán en la interfaz de usuario de la aplicación móvil. A continuación, se presenta el diagrama de flujo del sensor de temperatura para una mejor comprensión:

Figura 30.
Diagrama de flujo del funcionamiento del sensor de temperatura



Nota. Elaboración propia

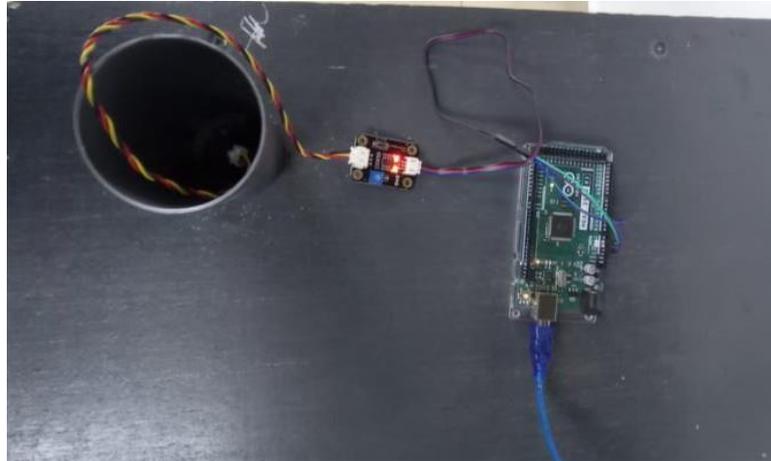
6.1.3. Sensor de turbidez SEN0189

El sensor de turbidez SEN0189 conectado a Arduino mide la cantidad de partículas en suspensión en un líquido, ver Figura 31. El proceso de medición consta de un led emisor, que

emite luz a través del líquido y un fotodiodo para detectar la cantidad de luz dispersada. Convierte las señales del fotodiodo señales analógicas que el arduino puede leer.

Figura 31.

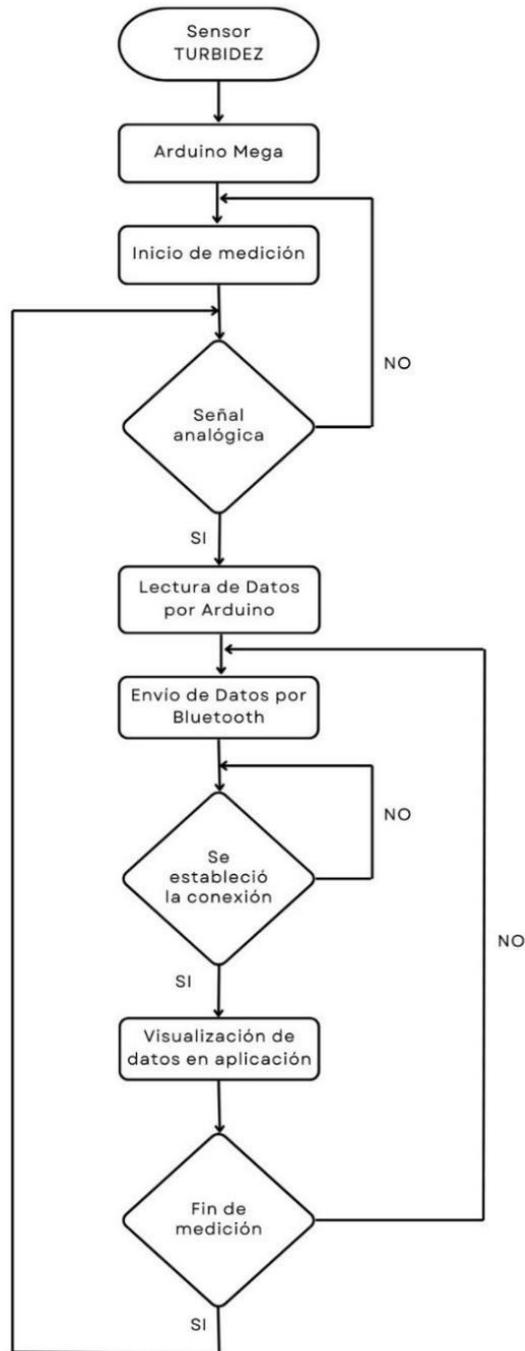
Prueba de funcionamiento del sensor de turbidez



Nota. Elaboración propia

Una vez establecida la conexión Bluetooth, comienza el envío de datos desde el Arduino hacia el dispositivo móvil, las lecturas del sensor se visualizarán en la interfaz de usuario de la aplicación móvil. A continuación, se presenta el diagrama de flujo del sensor de turbidez para una mejor comprensión:

Figura 32.
Diagrama de flujo del funcionamiento del sensor de turbidez



Nota. Elaboración propia

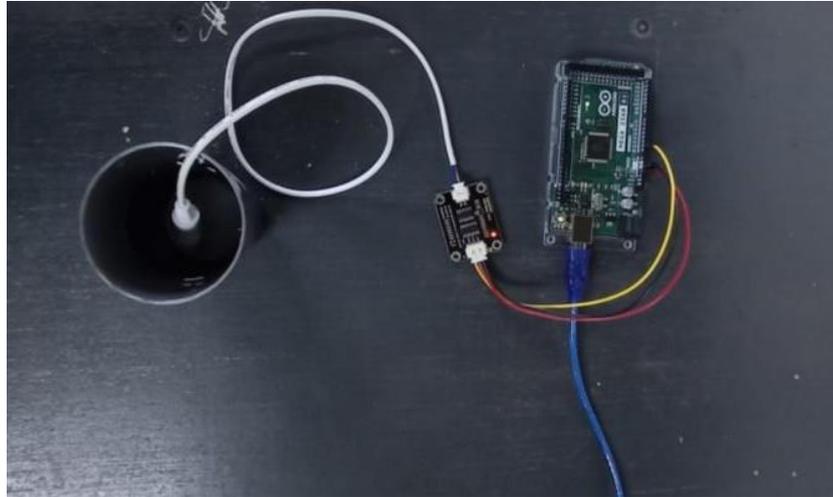
6.1.4. Sensor de TDS

El sensor de TDS conectado a Arduino mide la conductividad eléctrica de una solución para determinar la concentración de sólidos disueltos en ella. El sensor de TDS consta de dos electrodos que al entran en contacto con la solución generan una corriente eléctrica entre ellos, provocando que los sólidos disueltos actúen como conductores de esta corriente. Se necesita

una tarjeta acondicionadora adicional que convierta la señal del sensor en miligramos por litro (mg/L) o partes por millón (ppm) que representa la concentración de sólidos disueltos totales.

Figura 33.

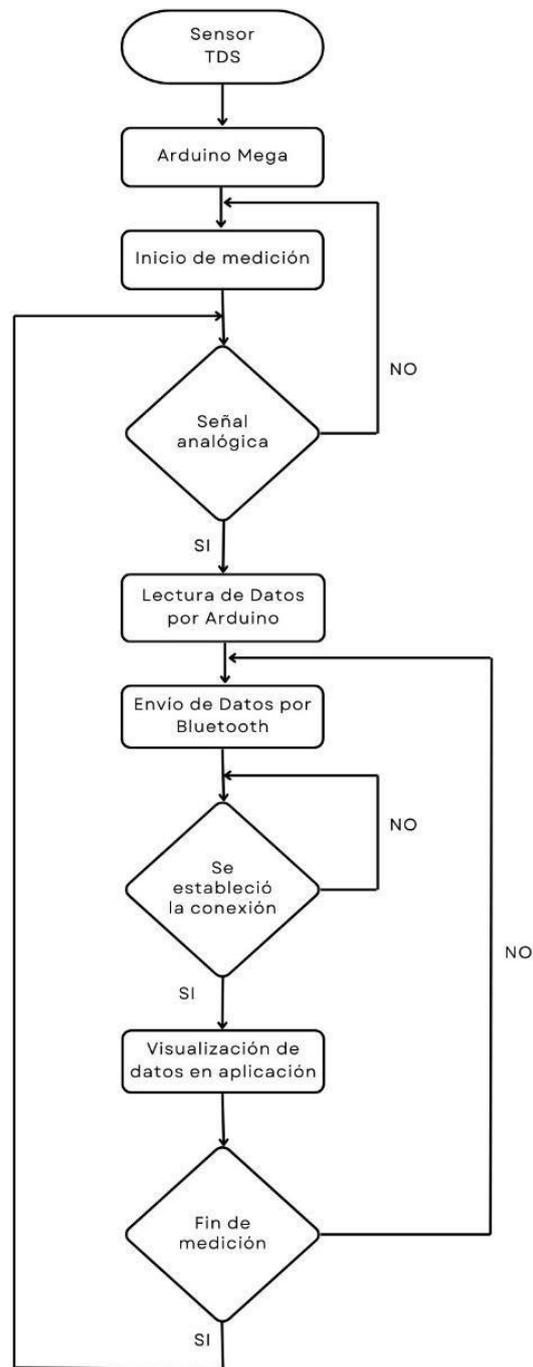
Prueba de funcionamiento del sensor de TDS



Nota. Elaboración propia

Una vez establecida la conexión Bluetooth, comienza el envío de datos desde el Arduino hacia el dispositivo móvil, las lecturas del sensor se visualizarán en la interfaz de usuario de la aplicación móvil. A continuación, se presenta el diagrama de flujo del sensor de TDS para una mejor comprensión:

Figura 34.
Diagrama de flujo del funcionamiento del sensor de TDS



Nota. Elaboración propia

6.2. Pruebas de campo

Se realizó mediciones directamente en piscinas con el fin de obtener los parámetros de pH del agua, turbidez del agua y su conductividad.

El proyecto de titulación se basa en diseñar y construir un prototipo para el monitoreo de la calidad del agua en piscinas recreativas. Con base de ello, el funcionamiento del prototipo se llevará a cabo en dos etapas:

- Obtención de datos
- Visualización de datos

6.2.1. *Obtención de datos*

En esta sección se muestra los datos obtenidos por los sensores de pH, turbidez, temperatura y TDS, para realizar la lectura de los datos emitidos por los sensores se podrá verificar mediante el monitor serie.

En ese instante se realizó la calibración de los sensores, para su posterior uso en las piscinas recreativas municipales de la ciudad de Loja. En la Figura 35 se observa los datos emitidos en el monitor serie del software Arduino IDE por los sensores, verificando el envío de los datos y comunicación de los sensores con el Arduino Mega.

Figura 35.

Visualización de datos en Arduino IDE

```
12:35:15.602 -> STD= 14ppm
12:35:15.602 -> Temperatura= 25.56 C
12:35:15.693 -> Voltaje mv =252.44
12:35:15.693 -> PH =7.65
12:35:18.244 -> STD= 14ppm
12:35:18.244 -> Temperatura= 25.56 C
12:35:18.337 -> Voltaje mv =252.44
12:35:18.337 -> PH =7.65
12:35:20.850 -> STD= 14ppm
12:35:20.850 -> Temperatura= 25.56 C
12:35:20.945 -> Voltaje mv =252.52
12:35:20.945 -> PH =7.65
12:35:23.460 -> STD= 12ppm
12:35:23.460 -> Temperatura= 25.56 C
12:35:23.604 -> Voltaje mv =252.60
12:35:23.604 -> PH =7.65
12:35:26.111 -> STD= 14ppm
12:35:26.111 -> Temperatura= 25.56 C
12:35:26.204 -> Voltaje mv =252.60
12:35:26.204 -> PH =7.65
12:35:28.722 -> STD= 14ppm
12:35:28.722 -> Temperatura= 25.50 C
12:35:28.816 -> Voltaje mv =252.60
```

Nota. Elaboración propia

6.2.2. *Visualización de datos*

Se presentan los datos medidos por los sensores, los cuales son transmitidos mediante módulo de bluetooth, la visualización de los valores se realiza mediante la aplicación desarrollada en el software de App Inventor.

En la Figura 36 se observa los datos emitidos por los sensores, verificando el envío de los datos y comunicación del microcontrolador con la aplicación móvil, ofreciendo una visión clara de la información obtenida.

Figura 36.

Visualización de los datos en la App Móvil



Nota. Elaboración propia

6.3. Pruebas de resultados

Las pruebas del prototipo se realizaron en tres escenarios, para verificar el funcionamiento correcto de cada uno de los sensores:

Escenario 1: Piscina municipal N°1- Piscina recreativa del Parque Jipiro.

Escenario 2: Piscina municipal N°2 - Piscina recreativa del Barrio El Valle

Escenario 3: Piscina municipal N°3 - Piscina recreativa del Coliseo de la Ciudad de Loja

Se seleccionaron los tres escenarios debido a las variaciones en sus parámetros físicos y químicos. Esta elección implica someter a los sensores en diversos entornos y condiciones, con el objetivo de evaluar su capacidad para medir de manera óptima los valores de pH, turbidez, temperatura y TDS.

Esto permite evaluar la respuesta del prototipo ante variaciones en los niveles de pH, turbidez, temperatura y TDS. Asimismo, se evalúa posibles mejoras en la eficacia del monitoreo, considerando la integración de sensores con un rango de variación menor. Este enfoque busca optimizar la gestión del mantenimiento del prototipo, garantizando condiciones idóneas de medición y satisfacción del usuario final.

Las pruebas con el prototipo se realizaron en la mañana como en la tarde, en cada una de las piscinas recreativas de la ciudad. El monitoreo de la calidad el agua es una actividad factible de realizar diariamente, sin embargo, no se considera obligatoria debido a que, de manera sistemática, cada inicio de semana, específicamente el día lunes, se lleva a cabo el mantenimiento y medición de los parámetros en todas las piscinas. Este mantenimiento rutinario se implementa con el objetivo de asegurar que las instalaciones se encuentren en condiciones óptimas para operar durante toda la semana.

6.3.1. Mediciones de piscina municipal N°1

Se presentan los datos recopilados en la Piscina municipal N°1, se realiza la comparación entre los parámetros medidos por el prototipo implementado y los dispositivos del laboratorio de la UMAPAL. Las mediciones del agua se realizaron en el laboratorio de la UMAPAL debido a que los técnicos de mantenimiento carecen de equipos para la evaluación de los parámetros de pH, turbidez, TDS y temperatura. Estas pruebas se realizaron los días martes, ver Tabla 4 y Tabla 5 y viernes, ver tabla 6 y tabla 7, para verificar la calibración de los diferentes sensores.

Tabla 4.

Mediciones del prototipo el día martes

Prototipo				
Hora	pH	Turbidez (NTU)	TDS (ppm)	Temperatura (°C)
10:00-11:00	4.88	1.35	260	23.81
15:00-16:00	5.09	1,45	250	24.25

Nota. Elaboración propia

Tabla 5.

Mediciones en laboratorio de la UMAPAL el día martes

UMAPAL				
Hora	pH	Turbidez (NTU)	TDS (ppm)	Temperatura (°C)
10:00-11:00	4.88	1.25	262	24.10
15:00-16:00	5.01	1.32	256	24.30

Nota. Elaboración propia

Tabla 6.
Mediciones del prototipo el día viernes

Prototipo				
Hora	pH	Turbidez (NTU)	TDS (ppm)	Temperatura (°C)
10:00-11:00	4.78	0.90	261	24.62
15:00-16:00	4.83	1	315	26.75

Nota. Elaboración propia

Tabla 7.
Mediciones en laboratorio de la UMAPAL el día viernes

UMAPAL				
Hora	pH	Turbidez (NTU)	TDS (ppm)	Temperatura (°C)
10:00-11:00	4.80	0.80	249	25.40
15:00-16:00	4.75	0.90	305	27.2

Nota. Elaboración propia

6.3.2. Mediciones de piscina municipal N°2

Se presentan los datos recopilados en la Piscina municipal N°2, se realiza la comparación entre los parámetros medidos por el prototipo implementado y los dispositivos del laboratorio de la UMAPAL. Las mediciones del agua se realizaron en el laboratorio de la UMAPAL debido a que los técnicos de mantenimiento carecen de equipos para la evaluación de los parámetros de pH, turbidez, TDS y temperatura. Estas pruebas se realizaron los días martes, ver Tabla 8 y Tabla 9 y viernes, ver tabla 10 y tabla 11, para verificar la calibración de los diferentes sensores.

Tabla 8.
Mediciones del prototipo el día martes

Prototipo				
Hora	pH	Turbidez (NTU)	TDS (ppm)	Temperatura (°C)
10:00-11:00	4.39	0.50	200	21.70
15:00-16:00	4.39	0.50	242	23.06

Nota. Elaboración propia

Tabla 9.
Mediciones en laboratorio de la UMAPAL el día martes

UMAPAL				
Hora	pH	Turbidez (NTU)	TDS (ppm)	Temperatura (°C)
10:00-11:00	4.40	0.45	195.4	22.1
15:00-16:00	4.40	0.40	252	23.50

Nota. Elaboración propia

Tabla 10.
Mediciones del prototipo el día viernes

Prototipo				
Hora	pH	Turbidez (NTU)	TDS (ppm)	Temperatura (°C)
10:00-11:00	4.65	0.65	315	22.70
15:00-16:00	4.60	0.56	310	23.06

Nota. Elaboración propia

Tabla 11.
Mediciones en laboratorio de la UMAPAL el día viernes

UMAPAL				
Hora	pH	Turbidez (NTU)	TDS (ppm)	Temperatura (°C)
10:00-11:00	4.50	0.60	305	23.00
15:00-16:00	4.54	0.60	302	23.50

Nota. Elaboración propia

6.3.3. Mediciones de piscina municipal N°3

Se presentan los datos recopilados en la Piscina municipal N°3, se realiza la comparación entre los parámetros medidos por el prototipo implementado y los dispositivos del laboratorio de la UMAPAL. Las mediciones del agua se realizaron en el laboratorio de la UMAPAL debido a que los técnicos de mantenimiento carecen de equipos para la evaluación de los parámetros de pH, turbidez, temperatura y TDS. Estas pruebas se realizaron los días martes, ver Tabla 12 y Tabla 13 y viernes, ver tabla 14 y tabla 15, para verificar la calibración de los diferentes sensores.

Tabla 12.
Mediciones del prototipo el día martes

Prototipo				
Hora	pH	Turbidez (NTU)	TDS (ppm)	Temperatura (°C)
10:00-11:00	7.00	0.70	37.00	24.80
15:00-16:00	7.03	0.80	38.68	25.06

Nota. Elaboración propia

Tabla 13.
Mediciones en laboratorio el día martes

UMAPAL				
Hora	pH	Turbidez (NTU)	TDS (ppm)	Temperatura (°C)
10:00-11:00	7.05	0.60	37.5	25.00
15:00-16:00	6.74	0.77	38.70	25.20

Nota. Elaboración propia

Tabla 14.
Mediciones del prototipo el día viernes

Prototipo				
Hora	pH	Turbidez (NTU)	TDS (ppm)	Temperatura (°C)
10:00-11:00	7.10	0.65	38	24.00
15:00-16:00	7.25	0.60	37	26.00

Nota. Elaboración propia

Tabla 15.
Mediciones en laboratorio de la UMAPAL el día viernes

UMAPAL				
Hora	pH	Turbidez (NTU)	TDS (ppm)	Temperatura (°C)
10:00-11:00	7.15	0.60	38	24.50
15:00-16:00	7.24	0.66	38	27.00

Nota. Elaboración propia

7. Discusión

La implementación del prototipo para el monitoreo remoto de la calidad del agua en piscinas recreativas representó una solución tecnológica e innovadora que garantiza la fiabilidad del control y monitoreo de los parámetros de la calidad del agua en estas instalaciones. Con la implementación de este sistema integrado de sensores, se realizó el monitoreo del nivel de pH, turbidez, TDS y temperatura, a diferencia del, monitoreo tradicional que implica a observaciones visuales sujetas a la interpretación del técnico de mantenimiento, este nuevo sistema ofreció mediciones precisas y en tiempo real.

El resultado del desarrollo del sistema de sensores contó con un resultado favorable, logrando la integración de diferentes dispositivos capaces de medir los parámetros principales de la calidad del agua en estas instalaciones. Se ha elegido utilizar la tecnología de Arduino debido a la amplia compatibilidad de librerías y de sensores con esta placa microcontroladora. Esta elección se sustenta en la simplicidad y familiaridad que tengo con este microcontrolador, facilitándome el proceso de programación del sistema de sensores.

En el proceso se constató que el sensor de temperatura no requería calibración adicional, así como los demás sensores. Con respecto al sensor de pH, se ha utilizado soluciones estándar para el ajuste del electrodo, la precisión de la tarjeta condicionadora del sensor contribuyó a una calibración sencilla sin complicaciones.

En cuanto al sensor de turbidez, la dificultad inicial fue debido a la falta de precisión de la tarjeta condicionadora, la cual resultaba en variaciones de valores emitidos, estas fluctuaciones daban un impacto negativo y dificultaba la obtención de lecturas confiables. Sin embargo, se logró abordar este inconveniente al seleccionar y calibrar el sensor de la marca DFRobot el cual demostró ser más preciso para medir los niveles de turbidez.

Finalmente, acerca del sensor de TDS, de igual manera se llevó a cabo un proceso de calibración utilizando una solución tampón estándar para realizar el proceso de calibración del electrodo. La realización de pruebas de monitoreo en las tres piscinas recreativas como parte integral del proceso de desarrollo del sistema fue de gran importancia. Estas pruebas proporcionaron la oportunidad de evaluar el rendimiento y la confiabilidad del prototipo en un ambiente real. Al exponerlo al prototipo en condiciones reales, se identificó los posibles desafíos y las limitaciones que no se evidenciaron durante las pruebas realizadas en el laboratorio de la UMAPAL.

Durante las mediciones en diferentes piscinas, se evidenció la estabilidad y precisión de los diferentes sensores en condiciones de funcionamiento continuo a largo plazo para medir

los parámetros de la calidad del agua como el pH, la turbidez, TDS y temperatura. Además de comprobar el funcionamiento del prototipo, los técnicos de mantenimiento me sugirieron ideas sobre el diseño y en que material debería de fabricar el prototipo, asimismo tener en cuenta la facilidad de uso, la robustez en condiciones variables y la capacidad de integrarse en el entorno existe de estas instalaciones.

El prototipo se lo fabricó en material de acero inoxidable y principal motivo fue su capacidad para resistir las condiciones exigentes presentes en piscinas, incluyendo la presencia de diversos sulfatos y productos químicos utilizados para mantener los estándares de calidad del agua. La recomendación de utilizar acero inoxidable se basó en la experiencia de los técnicos de mantenimiento, quienes destacaron su robustez y resistencia a la corrosión frente a los productos químicos presentes en estas instalaciones.

Inclinarse por materiales plásticos, como el filamento PLA, podría haber reducido la vida útil del prototipo y se presentaría una decoloración prematura debido a la exposición constante al agua de las piscinas.

Además, el prototipo cuenta con tres recipientes por motivo de que el sensor de pH y el sensor de TDS son electrodos, que al estar juntos, realizan mediciones inexactas. Esta inexactitud se debe al fenómeno de hidrólisis, en el cual los iones presentes en la solución se diluyen mediante la emisión de corriente eléctrica, esto afecta tanto a los iones del agua como a los de la electricidad, lo que resulta en un aumento de los valores de pH y TDS, generando mediciones erróneas. Por otro lado, el sensor de turbidez cuenta con su propio recipiente con una cubierta para evitar la entrada de luz solar, porque la luz incidente altera los valores de turbidez, reduciendo su nivel de turbiedad.

Se consideró importante que la interfaz de usuario y la accesibilidad de la información recopilada ofreciera con una interpretación clara e intuitiva de usar para la visualización de los datos emitidos por el dispositivo, lo que facilitó la utilización por parte de los usuarios finales, como administradores de piscinas y personal de mantenimiento. Para la transmisión de los datos, se ha optado emplear la tecnología bluetooth debido a que las librerías del sensor de TDS no funcionaban correctamente con la tecnología wifi. La tecnología bluetooth se presentó como solución efectiva para garantizar la transmisión de los datos recopilados.

8. Conclusiones

- La comparación entre los resultados obtenidos por el prototipo y los métodos de monitoreo convencionales ha demostrado una capacidad de mejorar la eficiencia operativa y reducir los tiempos de respuesta en términos de velocidad, precisión y facilidad de acceso a la información, posiciona al prototipo como una herramienta efectiva para los profesionales de mantenimiento de estas instalaciones.
- Concluyo que el desarrollo del sistema de sensores integrados permite el monitoreo confiable de los parámetros físicos de la calidad del agua en piscinas recreativas. Las mediciones realizadas por los sensores junto con su capacidad de adaptarse a diferentes entornos, coloca al prototipo como una herramienta que garantiza el cumplimiento de los estándares de calidad en el mantenimiento de las piscinas.
- El personal de laboratorio de la UMAPAL, basándose de los datos recopilados durante el proceso de evaluación muestran un firme aprecio hacia la facilidad de uso y recomiendan su implementación para el control y monitoreo de la calidad del agua en piscinas recreativas, lo cual repercute directamente en la eficiencia operativa y la gestión de recursos.
- La aplicación móvil desarrollada para la visualización de los datos emitidos por el prototipo garantiza una interfaz intuitiva, permitiendo a los usuarios acceder de manera rápida y sencilla. El usuario puede consultar los datos y realizar el seguimiento en tiempo real desde su dispositivo móvil sobre la calidad del agua en las piscinas recreativas. Esto representa una mejora sustancial en comparación con las soluciones tradicionales que requieren una ubicación fija para la visualización de la información.

9. Recomendaciones

- Recomiendo investigar y seleccionar los sensores más adecuados para medir cada parámetro de la calidad del agua en piscinas. Con la elección de sensores más apropiados, se logra un rango de precisión menor, lo que nos conlleva a contar con una menor variabilidad en las mediciones y de tal manera, mayor confiabilidad en los datos medidos por cada uno de ellos.
- Considerar la realización de pruebas en diferentes piscinas recreativas con la finalidad de evaluar las condiciones de operación de cada sensor y su capacidad de adaptarse a entornos con variaciones de bañistas, cambios de condiciones ambientales, con el fin de garantizar la eficiencia y fiabilidad del prototipo en diferentes escenarios de uso.
- Recomiendo que la aplicación debe ser diseñada con enfoque centrado en la manipulación, asegurando una interfaz intuitiva de usar para el usuario final. Además, implementar funciones avanzadas para la gestión de datos, como la capacidad recibir los datos en tiempo real, con el propósito de ofrecer una experiencia satisfactoria para el usuario.
- Se recomienda enfocar el diseño del prototipo con especial atención en las necesidades y exigencias de las piscinas recreativas. Sugiero considerar la atención en la necesidad del sistema de drenaje del agua de los tres recipientes, con el fin de garantizar un eficiente desagüe sin comprometer la integridad de los sensores. Esta consideración ayudaría a la funcionalidad y practicidad del prototipo en el monitoreo de piscinas recreativas.

10. Bibliografía

- Agencia de Regulación y Control del Agua. (2022a). *AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DEL AGUA RESOLUCIÓN NRO. ARCA-DE-016-2022*.
<https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/01/Resolucio%CC%81n-Nro.-ARCA-DE-016-2022-signed.pdf>
- Agencia de Regulación y Control del Agua. (2022b). *Regulacion-DIR-ARCA-RG-011-2022-Usa-Eficiente-del-agua-signed*.
<https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/07/Regulacion-DIR-ARCA-RG-011-2022-Usa-Eficiente-del-agua-signed.pdf>
- Agencia de Regulación y Control del Agua. (2022c). *Regulación-DIR-ARCA-RG-012-2022*.
https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/07/Regulacio%CC%81n-DIR-ARCA-RG-012-2022-Calidad-del-agua_-signed.pdf
- Argandoña, L., & Macías, R. (2013). *Determinación de sólidos totales, suspendidos, sedimentados y volátiles, en el efluente de las lagunas de oxidación situadas en la parroquia colón, cantón Portoviejo, provincia de Manabí, durante el período de marzo a septiembre 2013*. 37. <http://repositorio.utm.edu.ec/items/85b98ddb-c44b-4617-8bcc-d801f1306d86>
- Caho, C., & López, E. (2017). *Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI*. *SciELO*, 12(2). <https://doi.org/10.22507/PML.V12N2A3>
- Ensaco. (06 de julio de 2023). *10 ventajas de tener una piscina inteligente*. Ensaco Eficiencia Energética. <https://www.ensaco.es/ventajas-piscina-inteligente/>
- Fernández, A. (2012). *El agua: un recurso esencial*. *Química Viva*, 11, 148.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86325090002>
- García, N. (22 de noviembre de 2022). *El internet de las cosas*.
https://issuu.com/nicolgarciar/docs/el_internet_de_las_cosas_
- HACH. (2014). *2100N Turbidímetro de laboratorio, EPA 180.1, 0-4.000 NTU*.
<https://es.hach.com/2100n-turbidimetro-de-laboratorio-epa-180-1-0-4-000-ntu/product-downloads?id=24930077423>
- HACH. (2022). *Multímetro portátil de pH, conductividad, TDS, salinidad, oxígeno disuelto (OD) y potencial de óxido-reducción (ORP) HQ2200, sin electrodos*.

- <https://es.hach.com/multimetro-portatil-de-ph-conductividad-tds-salinidad-oxigeno-disuelto-od-y-potencial-de-oxido-reduccion-orp-hq2200-sin-electrodos/product-downloads?id=59007895745&callback=pf>
- Hackster. (14 de marzo 2021). *Sensor medidor DFROBOT TDS con Arduino y LCD*. <https://www.hackster.io/GAURAVK5/dfrobot-tds-meter-sensor-with-arduino-and-lcd-92853d>
- HANNA. (s/f-a). *HI 985394 Termómetro digital Línea de piscinas*. Hanna Instruments SAS. Recuperado el 23 de mayo de 2024, de <https://www.hannacolombia.com/productos/producto/hi-985394-termometro-digital-linea-de-piscinas>
- HANNA. (s/f-b). *Medidor de bolsillo de pH/conductividad/TDS de intervalo bajo*. HANNA® instruments Ecuador. Recuperado el 23 de mayo de 2024, de <https://hannainst.ec/productos/linea/agricultura-e-hidroponia/medidor-de-bolsillo-de-ph-conductividad-tds-de-intervalo-bajo/>
- Lederkremer, M. (2019). *Redes Informáticas* (Peña Claudio, Ed.; 1a ed., Vol. 1). Lederkremer Miguel. <https://books.google.com.ec/books?id=7frADwAAQBAJ>
- Mancheno, G., & Ramos, C. (2015). *Evaluación de la calidad del agua en la quebrada Huarmiyacu del cantón Urucuquí, provincia de Imbabura para el prediseño de la planta de potabilización de agua para consumo humano de las poblaciones de San Blas y Urucuquí*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9219/3/CD-6112.pdf>
- Mejía, T. (2010). *Estudio sobre la calidad del agua potable del cantón Gualaquiza*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/2589>
- Ministerio del Ambiente, A. y T. E. (13 de abril de 2022). *ARCA emitió normativas para mejorar la gestión del agua potable*. <https://www.ambiente.gob.ec/arca-emitio-normativas-para-mejorar-la-gestion-del-agua-potable/>
- Mora, J., & Calvo, G. (2010). *Estado actual de contaminación con coliformes fecales de los cuerpos de agua de la Península de Osa*. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/56/55
- Sigler, A., & Bauder, J. (2012). *Alcalinidad, pH, y Sólidos Disueltos Totales*. https://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf
- Urbanas, A. (15 de noviembre de 2018). *Monitoreo de variables físico-químicas de agua*. <https://www.aguasurbanas.ei.udelar.edu.uy/index.php/2018/11/15/monitoreo-de-variables-fisico-quimicas-de-agua/>

Virgilio Rey. (2022). *Redes inalámbricas*.
<https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/11460/fichero/Memoria%252F3.-+Redes+Inal%C3%A1mbricas.pdf>

Yuridia. (12 de octubre de 2023). *Sistemas Embebidos*.
<https://sdindustrial.com.mx/blog/sistemas-embebidos/>

11. Anexos

Anexo 1. Presupuesto

En la Tabla 16, se detalla los materiales empleados en la implementación del prototipo del sistema de medición de la calidad del agua. A partir de esta lista de materiales, se ha formulado el presupuesto económico que refleja los costos para el despliegue del proyecto.

Tabla 16.
Presupuesto

Material	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Arduino Mega	1	\$48	\$48
Sensor de pH GAOHOU PH0-14	1	\$50	\$50
Sensor de temperatura DS18B20	1	\$3.50	\$3.50
Sensor de turbidez SEN0189	1	\$46	\$46
Sensor de TDS	1	\$32	\$32
Módulo de Bluetooth	1	\$7.50	\$7.50
Caja	1	\$140	\$140
Tornillos	4	\$0.10	\$0.40
Total:			\$327.40

Anexo 2. Solicitud para el uso de los equipos del laboratorio de la UMAPAL

Loja, 21 de noviembre de 2023

Ing.

Andy Fabricio Vega León. Mg. Sc

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Ciudad.

De mi consideración. _

Mediante la presente me dirijo a usted augurándole muchos éxitos en sus labores, Yo Diego Tomasz Machalski Chamba, portador del C.I.: 1724363914, estudiante de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Loja, con el objetivo de alinearme adecuadamente con los procesos y protocolos establecidos por la Universidad Nacional de Loja, me permito solicitar formalmente su apoyo con el Municipio de Loja, con la finalidad de solicitar el uso de los equipos de medición de agua propiedad de la UMAPAL, específicamente un turbidímetro, un pHmetro y un medidor de sólidos disueltos totales. Estos instrumentos serán fundamentales para llevar a cabo el análisis teórico y práctico que respalda mi investigación, los mismos que serán empleados para un análisis teórico y práctico que me facilitará el estudio y llevar a cabo pruebas de calidad del agua para el “DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL MONITOREO REMOTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN PISCINAS RECREATIVAS”, que a su vez será mi tema de tesis de pregrado de titulación de Ingeniería en Telecomunicaciones, del cual se encuentra como directora la Mgtr. Marianela del Cise Carrión González, docente de la Universidad Nacional de Loja.

En conversaciones mantenidas en el Municipio de Loja, me han sabido informar que el oficio debe ir dirigido al Alcalde de Loja Franco Quezada.

Esperando que su respuesta sea positiva, desde ya le quedo muy agradecido.

Diego Tomasz Machalski Chamba
ESTUDIANTE UNL
TITULACIÓN DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES

Celular: 0986229535
Correo electrónico: diego.machalski@unl.edu.ec

Anexo 3. Solicitud para el uso de los equipos UMAPAL



**UNIVERSIDAD
NACIONAL DE LOJA**

FEIRNNR

CARRERA DE TELECOMUNICACIONES

Of. N° UNL-FEIRNNR-CTELEC-2023-008
Loja, 22 de noviembre de 2023

Señor licenciado
Franco Quezada Montesinos
ALCALDE DEL CANTÓN LOJA
Ciudad. –

De mi consideración:

Reciba un cordial y atento saludo de parte de quienes formamos parte de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Loja; que sus actuales y delicadas funciones sean siempre exitosas para el beneficio de nuestra sociedad lojana.

El motivo de la presente es para comunicar a su autoridad que el señor estudiante **DIEGO THOMASZ MACHALSKI CHAMBA** con número de cédula: 1724363914 actualmente está matriculado en el noveno ciclo de la carrera de Telecomunicaciones de la Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la UNL y además se encuentra desarrollando el proyecto de Integración Curricular o tesis de grado denominado: **“DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL MONITOREO REMOTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN PISCINAS RECREATIVAS”**. De esta forma y de la manera más comedida solicitamos a usted autorice a quien corresponda se brinden las facilidades y permisos pertinentes para que el señor estudiante pueda hacer uso de los equipos de medición de calidad de agua como Turbidímetro, PHmetro y un medidor de sólidos disueltos totales los cuales son custodiados por la Unidad Municipal de agua potable y alcantarillado de Loja (**UMAPAL**); esta acción permitiría al señor estudiante usar los equipos para tomar medidas de las diferentes condiciones del agua información que alimentara a una base de datos destinado al entrenamiento y evaluación del prototipo propuesto por el alumno.

Finalmente es importante destacar que los datos obtenidos y trabajo de investigación propuesto por el señor Machalski Chamba contribuye al desarrollo local y específicamente puede representar un aporte útil para la Administración de Piscinas Municipales quienes podrían en su momento aplicar el prototipo diseñado dentro de los procesos de control y monitoreo de la calidad de las aguas.

Desde ya agradezco mucho su tiempo y gentil atención

Muchas gracias

Ciudad Universitaria "Guillermo Falconí Espinosa" Casilla Ietra "S"
Teléfono: 2545 – 689 Ext. 133
direccion.ciet@unl.edu.ec
www.telecomunicaciones.edu.ec





**UNIVERSIDAD
NACIONAL DE LOJA**

FEIRNNR

CARRERA DE TELECOMUNICACIONES

Atentamente,

Andy Fabricio Vega León
**DIRECCIÓN DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN
TELECOMUNICACIONES DE LA FEIRNNR-UNL**

c.c. Archivo.
LupeRoa

Ciudad Universitaria "Guillermo Falconi Espinosa" Casilla letra "S"

Teléfono: 2545 – 689 Ext. 133

direccion.ciet@unl.edu.ec

www.telecomunicaciones.edu.ec



Anexo 4. Certificación del prototipo por el departamento de mantenimiento de la piscina reactiva de la ciudad de Loja N°3.



Municipio de Loja

Loja, 23 de febrero de 2024

Abg.
Vicente Soto Santacruz
RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO DE LA PISCINA N°3 DE LA CIUDAD DE LOJA

CERTIFICA:

El departamento de mantenimiento de la piscina N°3 ha completado el proceso de evaluación técnica del prototipo POOL-METER. Tras una exhaustiva serie de pruebas y análisis, nos complace informar que el prototipo ha demostrado cumplir con los estándares requeridos para el monitoreo de parámetros físicos del agua en piscinas recreativas. Es capaz de proporcionar mediciones confiables de los parámetros esenciales para el mantenimiento de la calidad del agua, contribuyendo así a la seguridad y bienestar de los usuarios de estas instalaciones.

Este certificado se emite con la confianza de que el prototipo POOL-METER ha superado satisfactoriamente las pruebas técnicas realizadas, y se recomienda su implementación para el monitoreo efectivo de la calidad del agua en entornos recreativos.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad para los fines correspondientes.

Atentamente,

Abg. Vicente Soto Santacruz
RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO DE LA PISCINA N°3



Complejo Deportivo "Ciudad de Loja" Av. Manuel Agustín Aguirre y Brasil
Teléfono: 07258-97-20 Ext.107 Loja-Ecuador

Anexo 5. Certificación del prototipo por el departamento de laboratorio de la Unidad Municipal de Agua y Alcantarillado de la ciudad de Loja.

Loja, 23 de febrero de 2024

Ing. Magaly Esther Cueva Jiménez
INGENIERA QUÍMICA

CERTIFICA:

Por medio del presente, certifico que el Sr. Diego Tomasz Machalski Chamba, portador de la cédula de ciudadanía Nro. 1724363914, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables de la Universidad Nacional de Loja, llevó a cabo la calibración y verificación operativa del prototipo POOL-METER en las instalaciones de la Unidad Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Loja. Dicho prototipo constituye el núcleo de su trabajo de titulación de pregrado, titulado: "DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL MONITOREO REMOTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN PISCINAS RECREATIVAS".

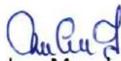
Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad para los fines correspondientes.

Atentamente,

UNIDAD MUNICIPAL DE AGUA
POTABLE Y ALCANTARILLADO
DE LOJA

U.M.A.P.A.L.

LABORATORIO



Ing. Magaly Esther Cueva Jiménez

LABORATORISTA DE LA UNIDAD MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LOJA

Dirección: Parque Colinas del Pucará
Teléfono: 2561669 Loja-Ecuador

Anexo 6. Vistas del prototipo

PROTOTIPO

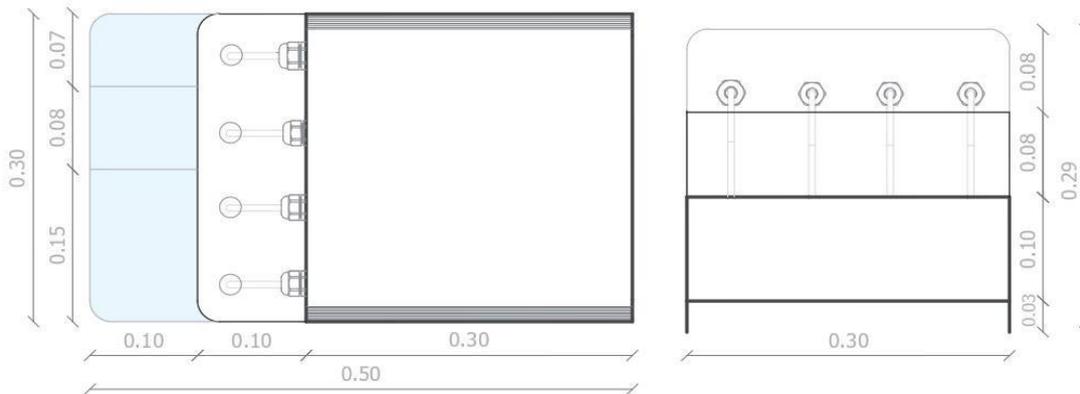
VISTAS

DESCRIPCIÓN:

Diseñado en forma de "L", combina funcionalidad avanzada con portabilidad y un diseño intuitivo para facilitar el monitoreo y mantenimiento efectivos del agua en piscinas. La parte frontal, entra en contacto directo con el agua diseñada para realizar tomas de muestras representativas, mientras que la parte vertical en la parte trasera alberga los sensores y componentes electrónicos.

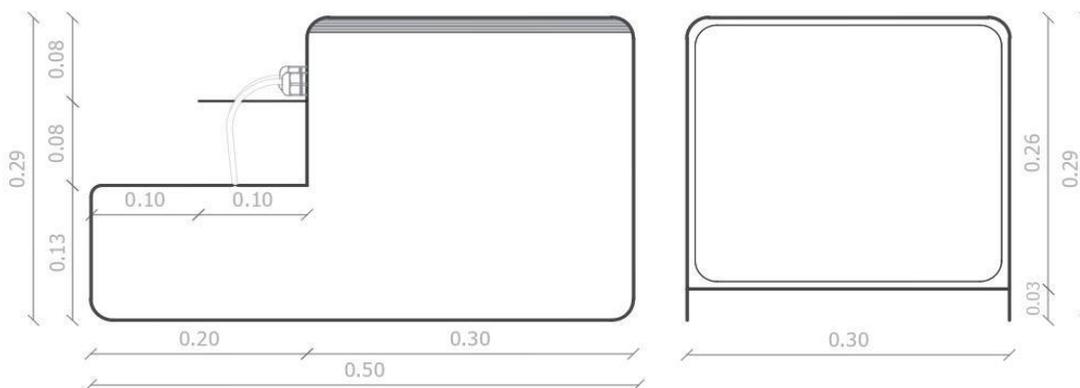
MATERIALIDAD:

Acero inoxidable como material principal, esta elección se basa por ser resistente al agua y productos químicos presentes en las piscinas asegurando durabilidad y fiabilidad a largo plazo.



PLANTA

VISTA FRONTAL



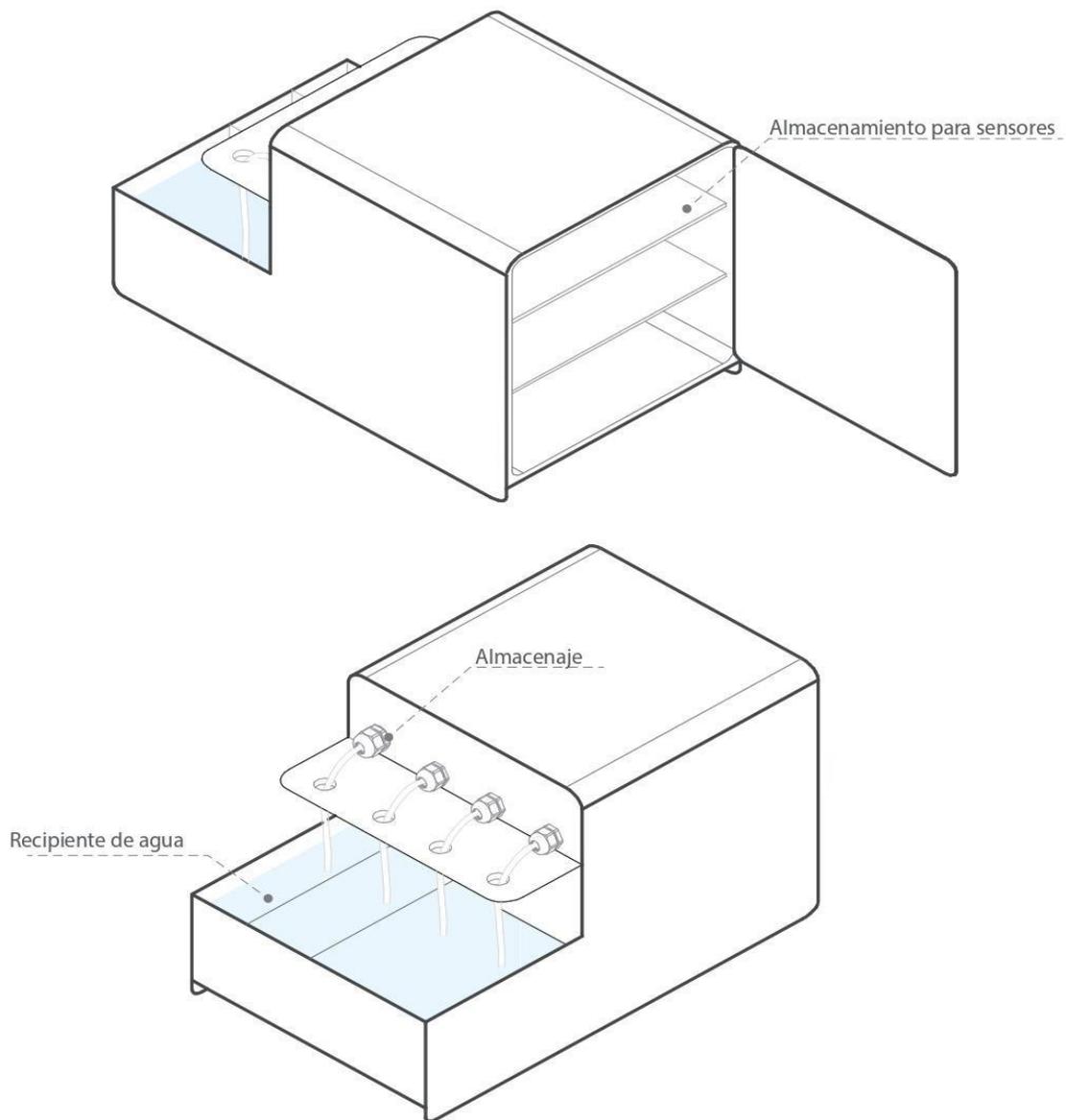
VISTA LATERAL

VISTA POSTERIOR

Anexo 7. Axonometrías del prototipo

PROTOTIPO

AXONOMETRÍAS



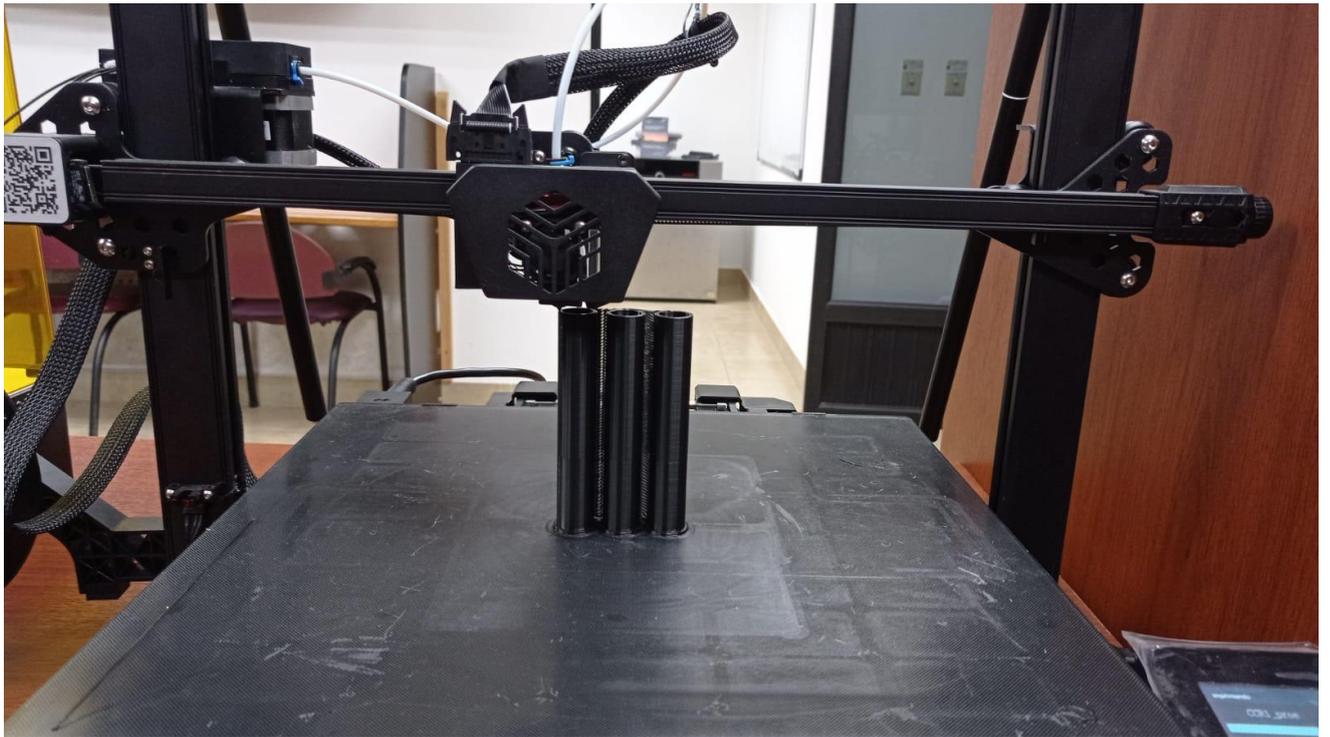
Anexo 8. Prototipo final



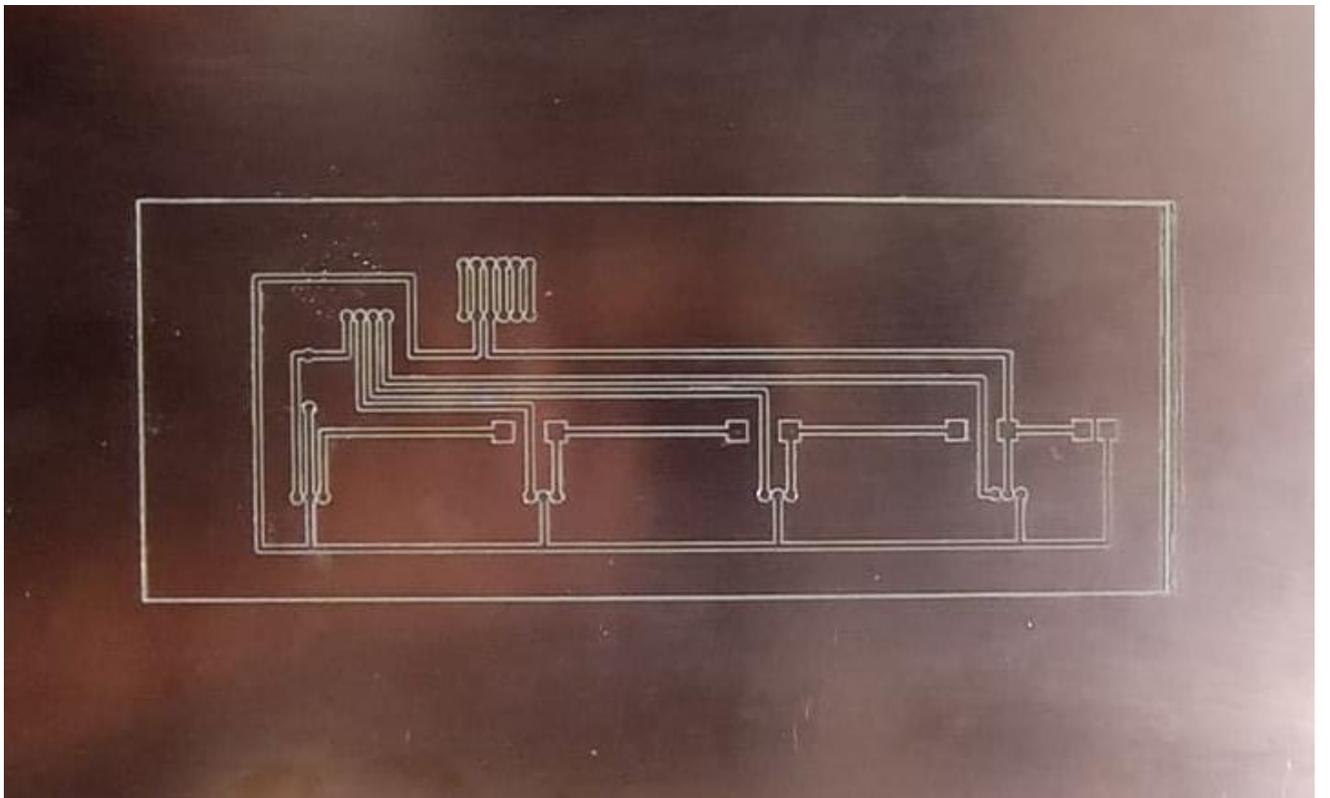
Anexo 9. Construcción del prototipo



Anexo 10. Impresión 3D de los soportes de cada sensor



Anexo 11. Elaboración de la baquelita



Anexo 12. Piscina recreacional N°1



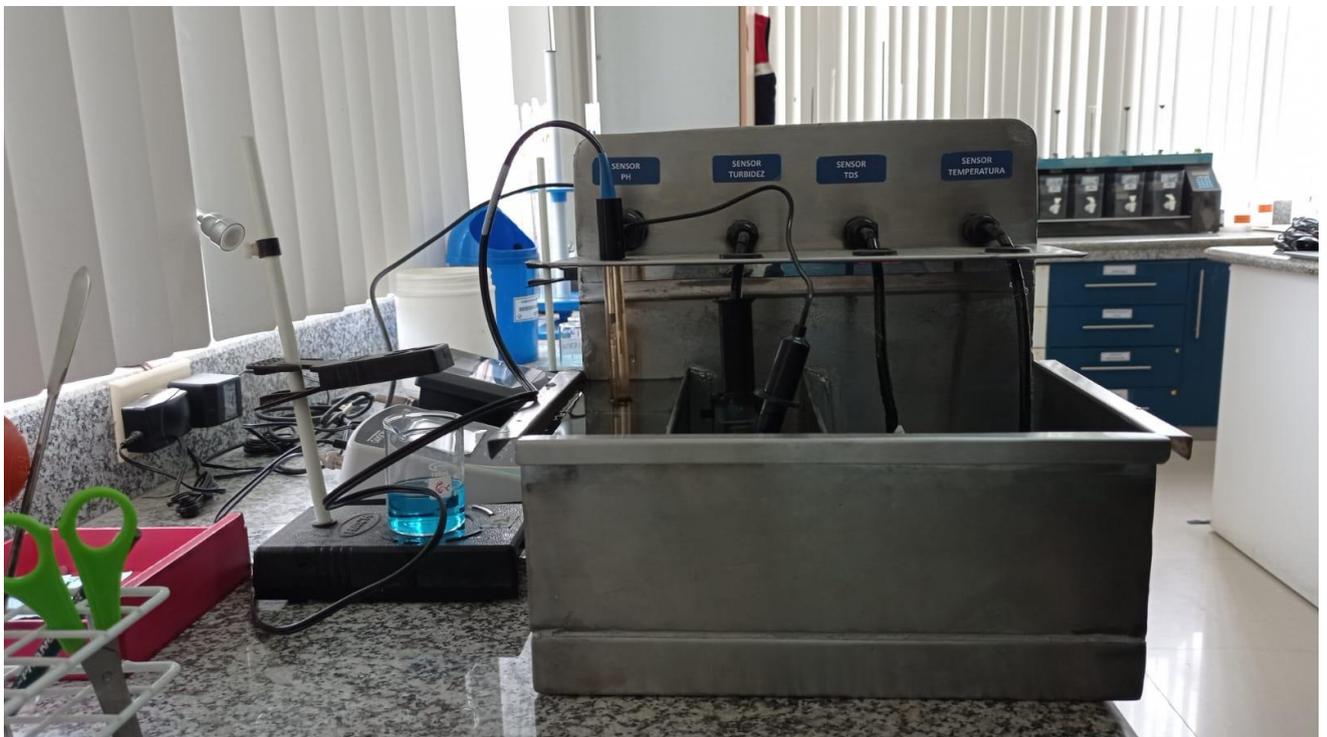
Anexo 13. Piscina recreacional N°2



Anexo 14. Laboratorio UMAPAL



Anexo 15. Mediciones de los parámetros del agua en el laboratorio de la UMAPAL con el prototipo



Anexo 16. Mediciones de los parámetros del agua en el laboratorio de la UMAPAL con los equipos del laboratorio



Anexo 17. Soluciones Buffer de pH



Anexo 18. Preparación de soluciones Buffer de pH



Anexo 19. Preparación de soluciones de turbidez



USER MANUAL

GAOHOU PH 0-14 Value Detect Sensor Module + Electrode Probe BNC



The PH sensor is a low-cost, easy-to-use PH meter detection sensor. This sensor module can be used as an analog PH meter designed by Arduino, MCU and other controllers. It has the characteristics of simple connection, convenient and practical.

The PH sensor is connected to the onboard BNC interface and connects the onboard PH2.0 interface to the analog port of the Arduino controller. With program control, you can easily measure the PH of the solution.

Package contents

- 1 X PH 0-14 Value Detect Test Sensor Module
- 1 X PH Electrode Probe Sensor

PH 0-14 Value Detect Sensor Module

*Heating voltage: $5 \pm 0.2V$ (AC DC)

*Working current: 5-10mA

*Detectable concentration range: PH0-14

*Detection temperature range: 0-80 °C

*Response time: $\leq 5S$

*Settling time: $\leq 60S$

*Component power: $\leq 0.5W$

*Working temperature: -10-50 °C (nominal temperature 20 °C)

*Humidity: 95% RH (nominal humidity 65% RH)

*Module size: 42mm × 32mm × 20mm

*Output: analog voltage signal output

*With 4pcs M3 Mounting Holes



PH Electrode Probe BNC for Arduino

The PH electrode has a single cylinder that allows direct connection to the input terminal of a PH meter, controller, or any PH device which has a BNC input terminal.

The PH electrode probe is accurate and reliable that can gives almost instantaneous readings.

*PH range: 0-14 PH

*Temperature range: 0-80°C

*Zero-point: 7 ± 0.25 PH

*Alkali error: ≤ 15 mv

*Theoretical percentage slope: $\cong 98\%$

*Internal resistance: $\cong 250$ M Ω

*Response time: $\cong 1$ min

*Operating temperature: 0-60°C

*Terminal blocks: BNC plug

*BNC connector suitable for most PH meter and controller.

*Suitable for wide range of application: Aquariums, Hydroponics, Laboratory etc.



Steps for usage

1. First connect the PH electrode through the BNC connector, and then connect the PH sensor module to the power supply according to the profile. The PH sensor output is analog output. It can be connected to the ADC conversion device, such as the ARUDUINO analog input port. After connecting, the Arduino main after the controller is powered; you can see that the red indicator light on the PH meter board is lit.
2. Burn the sample code for the Arduino master.
3. Insert the PH electrode into the standard solution with a PH of 7.00, or directly short the two inputs of the BNC interface, open the serial monitor of the Arduino IDE, you can see the current printed PH value, the error will not exceed 0.3. Record the value printed at this time, and then modifies the difference to offset in the program compared to 7.00. For example, if the printed PH is 6.88 and the difference is 0.12, then #define Offset 0.00 is changed to #define Offset 0.12 in the sample program.
4. Insert the PH electrode into the calibration solution with a PH of 4.00. After waiting for one minute, adjust the gain potentiometer so that the printed PH is as stable as possible at around 4.00. At this point, the acid section calibration is complete and you can test the PH of the acidic solution.
Note: The electrode must be cleaned when measuring other solutions.
5. Depending on the linearity of the PH electrode itself, the PH of the alkaline solution can be directly measured by the above calibration, but if you want better accuracy, it is recommended to recalibrate. The alkaline section is calibrated using a standard solution with a pH of 9.18. The gain potentiometer is also adjusted to stabilize at around 9.18. Once calibrated, you can measure the PH of the alkaline solution at this point.

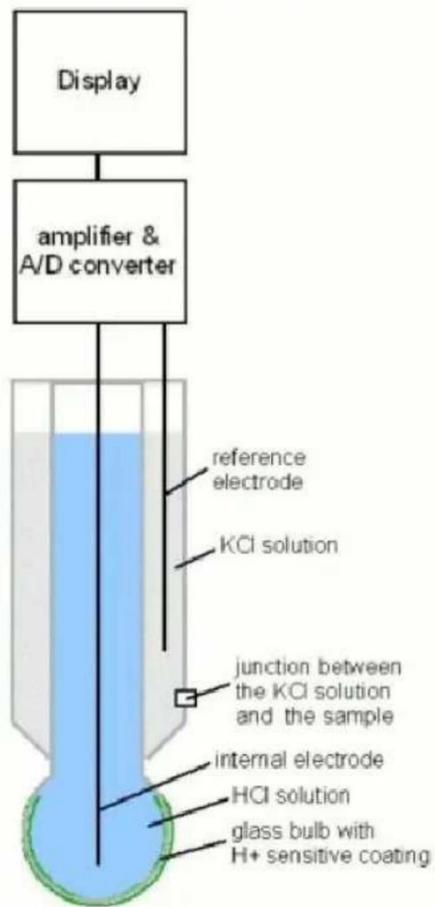
Sample code

After downloading the sample code, open the serial monitor of the Arduino IDE and you will see the results.

```
/*
# This sample codes is for testing the pH meter V1.0. #
Editor : YouYou
# Date   : 2013.10.21 #
Ver     : 0.1
# Product: pH meter #
SKU     : SEN0161
*/

#define SensorPin 0           //pH meter Analog output to Arduino Analog Input 0
#define Offset 0.00          //deviation compensate
unsigned long int avgValue;   //Store the average value of the sensor feedback void
setup()
{
  pinMode(13,OUTPUT);
```

```
Serial.begin(9600);  
Serial.println("Ready"); //Test the serial monitor
```

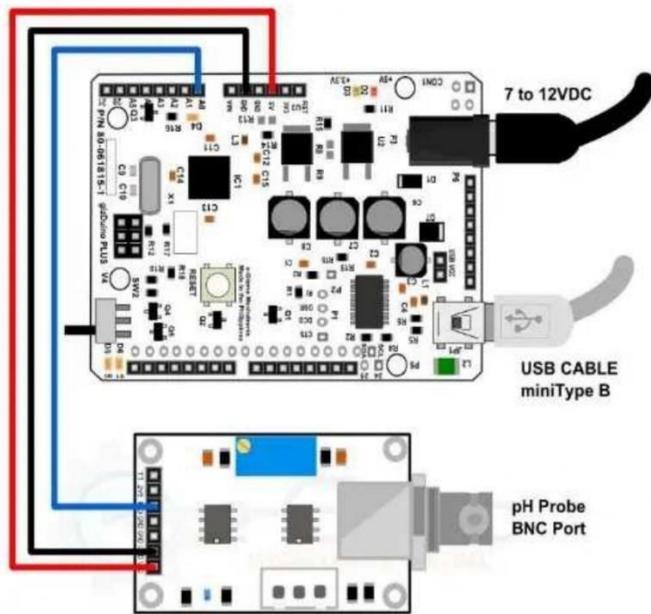
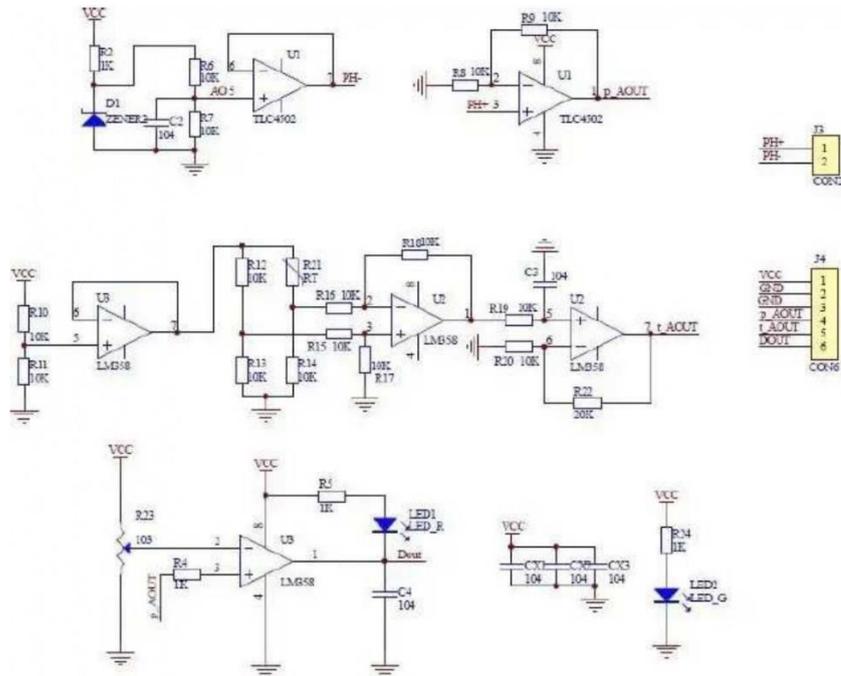


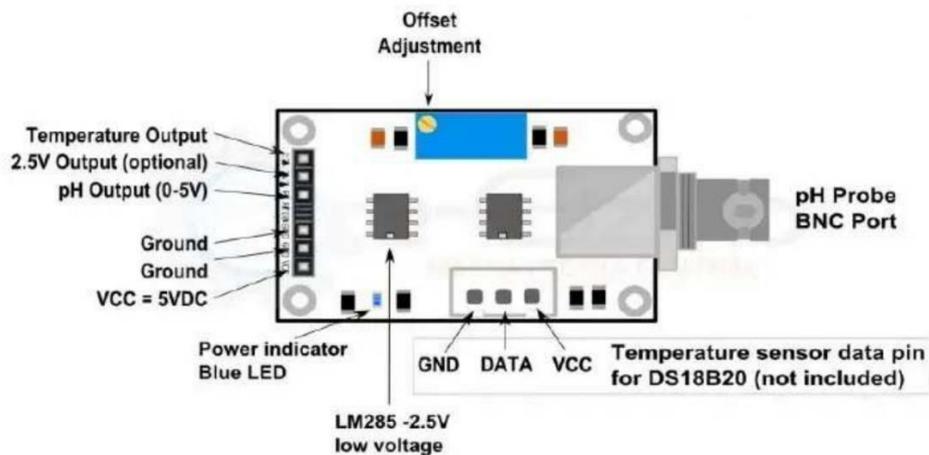
```

void loop()
{
  int buf[10];           //buffer for read analog
  for(int i=0;i<10;i++) //Get 10 sample value from the sensor for smooth the value
  {
    buf[i]=analogRead(SensorPin); delay(10);
  }
  for(int i=0;i<9;i++) //sort the analog from small to large
  {
    for(int j=i+1;j<10;j++)
    {
      if(buf[i]>buf[j])
      {
        int
        temp=buf[i];
        buf[i]=buf[j];
        buf[j]=temp;
      }
    }
  }
  avgValue=0;
  for(int i=2;i<8;i++) //take the average value of 6 center sample
    avgValue+=buf[i];
  float phValue=(float)avgValue*5.0/1024/6; //convert the analog into millivolt
  phValue=3.5*phValue+Offset; //convert the millivolt into pH
  value Serial.print("
  Serial.print(phValue
  ,2); Serial.println("
  "); digitalWrite(13,
  HIGH); delay(800);
  digitalWrite(13,
  LOW);
}

```

Reference circuit diagram





After-sales service & FAQ

1. If you have any quality problems, please feel free to contact us. We are always here with you. If any part is proved to be broken, we are very glad to replace it for free.
2. And also if you have any further confusion to use this item, don't hesitate to write us. Our technical may help you to use it.
3. Thank you for choosing our products and wish you and your family a happy life.

Does it mean a faulty sensor if it is not providing any difference using different liquids?

You need to calibrate the probe using known pH. If you don't have access to calibrating liquids and just want to check if the sensor is working, try tap water, and adjust the multi-turn to read 7. Then drop a few droplets of lime juice in the water and see if you read a lower number. If so, the sensor is working fine

How to use the probe with more accuracy?

1. Please use an external switching power supply to make the voltage as close as possible to +5.00V. The more close to +5.00V, the higher the accuracy.
2. The electrode needs to be calibrated using a standard buffer solution before each continuous use. For instance, record the value at PH 4 and PH 7 — then calculate the slope of a line through both points ($y=mx+b$). That equation is then applied to readings in your code.

3. In order to obtain more accurate results, the ambient temperature is preferably around 25 ° C. The known PH value is reliable, and the closer the PH value is to the measured value, the better.
4. If the sample you are measuring is acidic, please use the buffer solution of PH4.00 to correct the electrode.
5. If the sample you are measuring is alkaline, use the PH 9.18 buffer solution to calibrate the electrode. Segmentation for calibration just for better accuracy.
6. Each PH-measuring solution of PH electrode needs to be cleaned with water. It is recommended to wash with deionized water.
7. Remove the electrode protection sleeve before testing. The solution inside the sleeve is 3MKCL. If there is crystal leakage, it is normal and does not affect the electrode.
8. Observe whether the inside of the sensitive bulb is full of liquid. If there is any bubble, the electrode should be gently swayed downward (like a thermometer) to remove the bubbles in the sensitive bulb, otherwise it will affect the test accuracy.
9. The electrode probe cannot be tested continuously for a long time, which will shorten its life.
10. There are two trimmers on the circuit board. One of them is for offset adjustment (closest to BNC connector) accomplished by removing the PH probe and shorting the BNC connector with a wire. The other trimmer is an upper limit threshold for the digital output pin.
11. Getting the voltage varies on what you're using. Such as, for Particle photon, it has a 12-bit ADC with 8 channels input voltages and between 0 and 3.3 volts into integer values between 0 and 4095.
12. The PH for this sensor is not at 0v for a PH7 it's around 2.51v from the multi-meter and PH4 at 3.03. If you calculate the step, $2.51-3.03 = -0.52$. The difference between ph4.01 and PH7 is 2.99. That's $.052/2.99 = 0.173916\dots$ That is the Step. So, $7 + ((2.51 - \text{voltage}) / 0.173916)$, in other words $(\text{PH}(7) + ((\text{Voltage}@\text{PH7} - \text{voltage from pin}) / \text{step}))$ this should give you the PH.
13. If you're using a Particle product like the Photon or Argon, be aware of a bug. It's a hardware issue with the analog ports fluctuating a ghost voltage. This fluctuation is enough at these low voltages reading to make your PH sway by .7 or more. To fix this, you'll need to add a 0.1uF cap between the analog port your using and ground. This will clean up the signal.

How to protect the probe in daily maintenance?

1. When the electrode is used for the first time or when it is not used for a long time, the electrode bulb and the sand core are immersed in the 3NKCL solution for 8 hours.
2. After removing the electrode cover, be careful that the sensitive glass bubbles in the plastic protective barrier are not in contact with hard objects, and any damage and bristles will invalidate the electrodes.
3. After the measurement is completed, the electrode protection sleeve should be placed on the cover. A small amount of 3.3mol/L potassium chloride solution should be placed in the protective sleeve to keep the electrode bulb moist.
4. The lead end of the electrode must be kept clean and dry, absolutely preventing short circuit at both ends of the output, otherwise the measurement result will be inaccurate or invalid.
5. The electrode avoids long-term immersion in the distilled protein solution and acidic fluoride solution, and prevents contact with silicone grease.
6. After long-term use of the electrode, if the gradient is slightly in love with the inland, the lower end of the electrode can be immersed in 4% HF (hydrofluoric acid) for 3-5 seconds, washed with distilled water, and then in potassium chloride solution. Soak and rejuvenate.
7. If the measured solution contains substances that are easily contaminated by sensitive foam bulbs, the sensitivity of electrode will be influenced. The phenomenon is that the sensitive gradient is lowered and the

reading is not accurate. In this way, it should be cleaned with a suitable solution according to the nature of the pollutants, so that it can be renewed.

8. When cleaning agent is used, if it can dissolve the cleaning solution of polycarbonate resin, such as carbon tetrachloride, trichloroethylene, tetrahydrofuran, etc., it may dissolve the polycarbonate resin and apply it on the sensitive glass bulb to make the electrode invalid. Please use with caution!

What to do if my probe breaks/leaks?

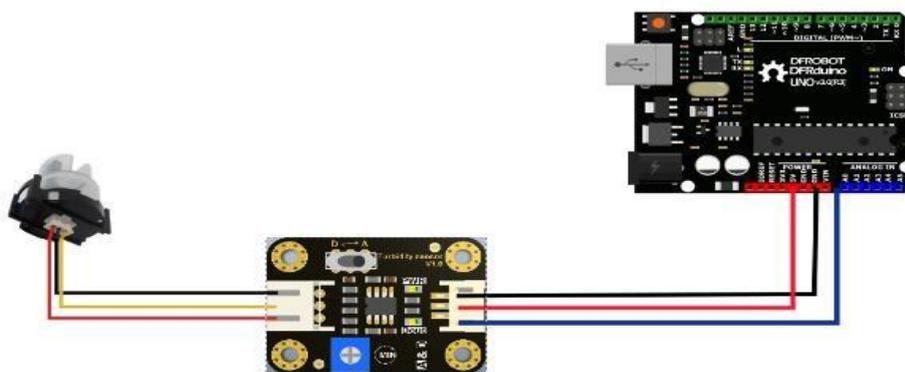
1. Please take pictures if it happens, and send pictures via message;
2. We would reply and solve issue for you in 24-48hours.

Anexo 21. Especificación técnica del sensor de turbidez

Especificación

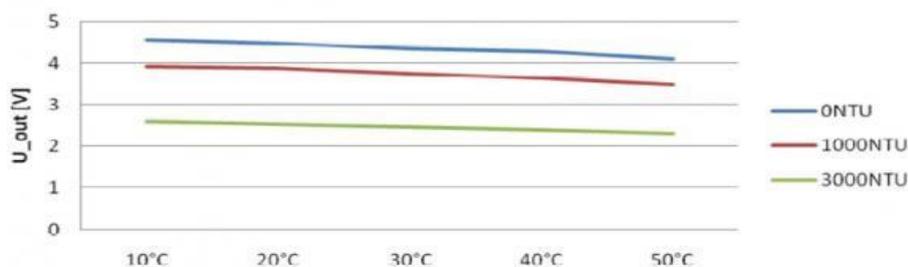
- Voltaje de funcionamiento: 5 V CC.
- Corriente de funcionamiento: 40 mA (MÁX.)
- Tiempo de respuesta: < 500 ms
- Resistencia de aislamiento: 100M (mínimo)
- Método de salida:
 - Salida analógica: 0-4,5 V
 - Salida digital: señal de nivel alto/bajo (puede ajustar el valor umbral ajustando el potenciómetro)
- Temperatura de funcionamiento: 5 °C ~ 90 °C
- Temperatura de almacenamiento: -10 °C ~ 90 °C
- Peso: 30g
- Dimensiones del adaptador: 38 mm * 28 mm * 10 mm/1,5 pulgadas * 1,1 pulgadas * 0,4 pulgadas

Diagrama de conexión



Descripción de la interfaz:

1. Interruptor de señal de salida "D/A"
 - i. "A": Salida de señal analógica, el valor de salida disminuirá cuando esté en líquidos con alta turbidez.
 - ii. "D": Salida de señal digital, niveles alto y bajo, que se pueden ajustar mediante el potenciómetro de umbral
2. Potenciómetro de umbral: puede cambiar la condición de disparo ajustando el potenciómetro de umbral en modo de señal digital.

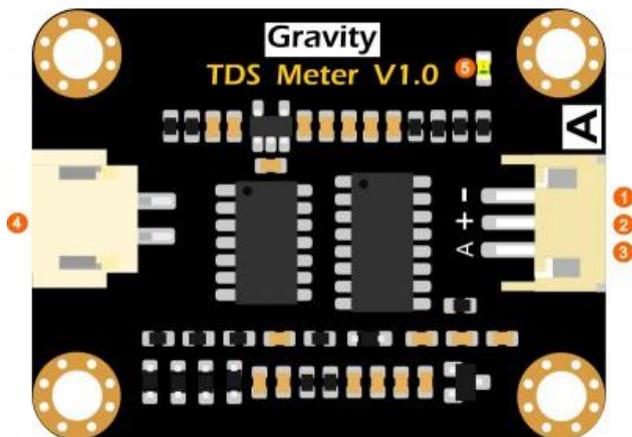


Anexo 22. Especificación técnica del sensor de TDS

Especificación

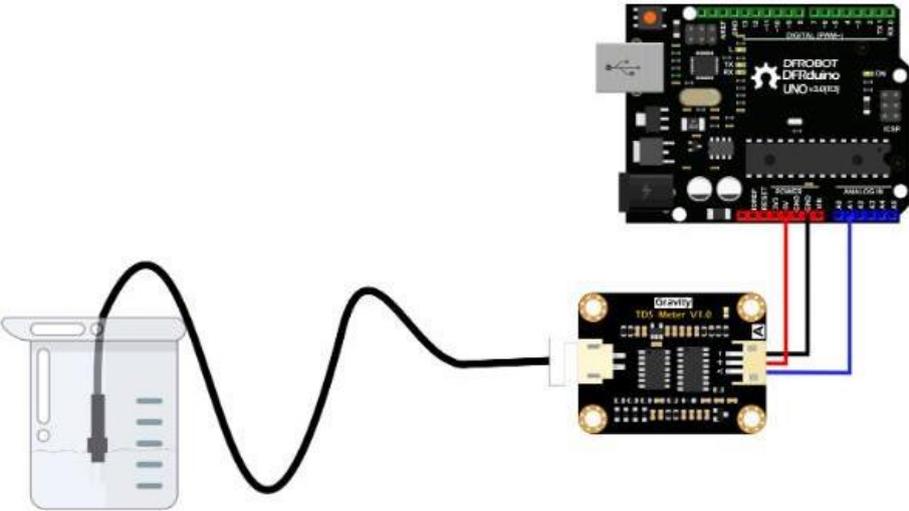
- **Tablero transmisor de señal**
 - Voltaje de entrada: 3,3 ~ 5,5 V
 - Voltaje de salida: 0 ~ 2,3 V
 - Corriente de trabajo: 3 ~ 6 mA
 - Rango de medición de TDS: 0 ~ 1000 ppm
 - Precisión de medición de TDS: $\pm 10\%$ FS (25 °C)
 - Tamaño del módulo: 42*32mm
 - Interfaz del módulo: PH2.0-3P
 - Interfaz del electrodo: XH2.54-2P
- **sonda TDS**
 - Número de agujas: 2
 - Longitud Total: 83cm
 - Interfaz de conexión: XH2.54-2P
 - Color: Negro
 - Otro: sonda impermeable

Descripción general del tablero



en uno	Etiqueta	Descripción
1	-	Tierra de alimentación (0 V)
2	+	Alimentación VCC (3,3 ~ 5,5 V)
3	A	Salida de señal analógica (0 ~ 2,3 V)
4	SDT	Conector de sonda TDS
5	CONDUJO	Indicador de encendido

Diagrama de conexión



Anexo 23. Especificación técnica del sensor de temperatura

Click [here](#) for production status of specific part numbers.

DS18B20

Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer

General Description

The DS18B20 digital thermometer provides 9-bit to 12-bit Celsius temperature measurements and has an alarm function with nonvolatile user-programmable upper and lower trigger points. The DS18B20 communicates over a 1-Wire bus that by definition requires only one data line (and ground) for communication with a central microprocessor. In addition, the DS18B20 can derive power directly from the data line ("parasite power"), eliminating the need for an external power supply.

Each DS18B20 has a unique 64-bit serial code, which allows multiple DS18B20s to function on the same 1-Wire bus. Thus, it is simple to use one microprocessor to control many DS18B20s distributed over a large area. Applications that can benefit from this feature include HVAC environmental controls, temperature monitoring systems inside buildings, equipment, or machinery, and process monitoring and control systems.

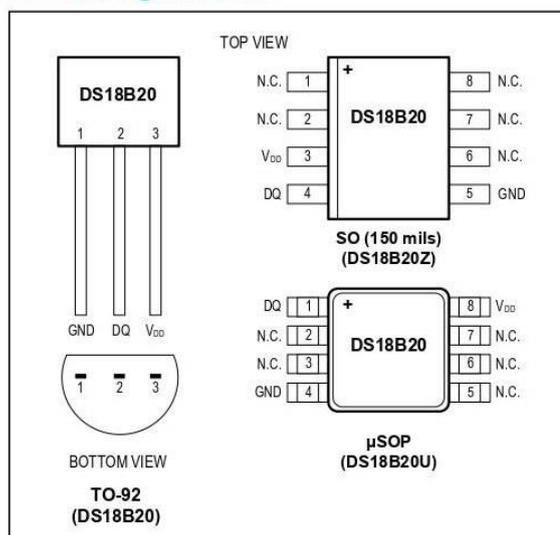
Applications

- Thermostatic Controls
- Industrial Systems
- Consumer Products
- Thermometers
- Thermally Sensitive Systems

Benefits and Features

- Unique 1-Wire® Interface Requires Only One Port Pin for Communication
- Reduce Component Count with Integrated Temperature Sensor and EEPROM
 - Measures Temperatures from -55°C to +125°C (-67°F to +257°F)
 - ±0.5°C Accuracy from -10°C to +85°C
 - Programmable Resolution from 9 Bits to 12 Bits
 - No External Components Required
- Parasitic Power Mode Requires Only 2 Pins for Operation (DQ and GND)
- Simplifies Distributed Temperature-Sensing Applications with Multidrop Capability
 - Each Device Has a Unique 64-Bit Serial Code Stored in On-Board ROM
- Flexible User-Definable Nonvolatile (NV) Alarm Settings with Alarm Search Command Identifies Devices with Temperatures Outside Programmed Limits
- Available in 8-Pin SO (150 mils), 8-Pin μ SOP, and 3-Pin TO-92 Packages

Pin Configurations



Ordering Information appears at end of data sheet.

1-Wire is a registered trademark of Maxim Integrated Products, Inc.

Absolute Maximum Ratings

Voltage Range on Any Pin Relative to Ground -0.5V to +6.0V
 Operating Temperature Range -55°C to +125°C

Storage Temperature Range -55°C to +125°C
 Solder Temperature Refer to the IPC/JEDEC
 J-STD-020 Specification.

These are stress ratings only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

DC Electrical Characteristics

(-55°C to +125°C; V_{DD} = 3.0V to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V_{DD}	Local power (Note 1)		+3.0		+5.5	V
Pullup Supply Voltage	V_{PU}	Parasite power	(Notes 1, 2)	+3.0		+5.5	V
		Local power		+3.0		V_{DD}	
Thermometer Error	t_{ERR}	-10°C to +85°C	(Note 3)			±0.5	°C
		-30°C to +100°C				±1	
		-55°C to +125°C				±2	
Input Logic-Low	V_{IL}	(Notes 1, 4, 5)		-0.3		+0.8	V
Input Logic-High	V_{IH}	Local power	(Notes 1,6)	+2.2		The lower of 5.5 or $V_{DD} + 0.3$	V
		Parasite power		+3.0			
Sink Current	I_L	$V_{I/O} = 0.4V$		4.0			mA
Standby Current	I_{DDS}	(Notes 7, 8)			750	1000	nA
Active Current	I_{DD}	$V_{DD} = 5V$ (Note 9)			1	1.5	mA
DQ Input Current	I_{DQ}	(Note 10)			5		µA
Drift		(Note 11)			±0.2		°C

Note 1: All voltages are referenced to ground.

Note 2: The Pullup Supply Voltage specification assumes that the pullup device is ideal, and therefore the high level of the pullup is equal to V_{PU} . In order to meet the V_{IH} spec of the DS18B20, the actual supply rail for the strong pullup transistor must include margin for the voltage drop across the transistor when it is turned on; thus: $V_{PU_ACTUAL} = V_{PU_IDEAL} + V_{TRANSISTOR}$.

Note 3: See typical performance curve in Figure 1. Thermometer Error limits are 3-sigma values.

Note 4: Logic-low voltages are specified at a sink current of 4mA.

Note 5: To guarantee a presence pulse under low voltage parasite power conditions, V_{ILMAX} may have to be reduced to as low as 0.5V.

Note 6: Logic-high voltages are specified at a source current of 1mA.

Note 7: Standby current specified up to +70°C. Standby current typically is 3µA at +125°C.

Note 8: To minimize I_{DDs} , DQ should be within the following ranges: $GND \leq DQ \leq GND + 0.3V$ or $V_{DD} - 0.3V \leq DQ \leq V_{DD}$.

Note 9: Active current refers to supply current during active temperature conversions or EEPROM writes.

Note 10: DQ line is high ("high-Z" state).

Note 11: Drift data is based on a 1000-hour stress test at +125°C with $V_{DD} = 5.5V$.

Anexo 24. Código en el software Arduino

```
// Incluimos las librerías
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include "GravityTDS.h"

OneWire ourWire(2);          //Se establece el pin 2 como bus OneWire
DallasTemperature sensors(&ourWire); //Se declara una variable para el sensor de
temperatura
#define TdsSensorPin A1      //Se establece el pin A1 para el sensor de TDS

float a1 = 12.25; // Coeficiente para x^1
float a0 = 52.05; // Coeficiente para x^0
float temp1C; //Se establece una variable para la temperatura C
float temp1F; //Se establece una variable para la temperatura F
float voltajeNTU; //Se establece una variable para el valor del voltaje del sensor de
turbidez
float calc_NTU; //Se establece una variable para el valor de turbidez
float PHVol; //Se establece una variable para el valor de voltaje del pH
float PHvalor; //Se establece una variable para valor del pH
SoftwareSerial BT(0,1); //Modulo de Bluetooth

// Instanciamos el objeto GravityTDS y LiquidCrystal para poder usar los sensores
GravityTDS gravityTds;
float tdsValue;
int sensorValue;

const int analogInPin = A0;
int buf[10];
int temp=0;
unsigned long int inValue;
```

```

void setup() {
  Serial.begin(9600); // Inicializamos comunicación serie
  sensors.begin(); //Se inicia el sensor
  BT.begin(9600);

  // Configuramos el pin donde irá conectado el sensor TDS
  gravityTds.setPin(TdsSensorPin);
  // Definimos voltaje de referencia del ADC
  gravityTds.setAref(5.0);
  // Definimos el rango del ADC
  gravityTds.setAdcRange(1024);
  // Inicializamos el sensor
  gravityTds.begin();

}

```

```

void loop() {

  delay(5000); // Esperamos 5 segundos entre medidas

  sensors.requestTemperatures(); //Se envía el comando para leer la temperatura
  temp1C = sensors.getTempCByIndex(0); //Se obtiene la temperatura en °C
  temp1F = sensors.getTempFByIndex(0); //Se obtiene la temperatura en °F

  //TDS
  // Ejecutamos la compensación por temperatura indicando la temperatura del agua a
  testear
  gravityTds.setTemperature(temp1C);
  // Ejecutar una lectura
  gravityTds.update();
  // Obtener el valor en PPM
  tdsValue = gravityTds.getTdsValue();

```

```

sensorValue = analogRead(A2);
voltajeNTU = sensorValue * (5.0 / 1024.0); // Conversion analogica
calc_NTU = - a1 * voltajeNTU + a0;

//PH
/*para evitar demasiadas variaciones, sacaremos el promedio*/
for(int i=0; i<10;i++){
  /*realizamos 10 lecturasy almacenamos en buff*/
  buf[i]= analogRead(analogInPin);
  delay(10);
}
/*luego realizamos un barrido de los valores letrados, descartamos los valores
demasiado elevados y los valores demasiado bajos*/
for(int i=0; i<9; i++){
  for(int j=i+1;j<10;j++){
    temp= buf[i];
    buf[i]=buf[j];
    buf[j]=temp;
  }
}
/*realicamos el calculo del promedio y la conversion a voltaje en mv*/
inValue=0;
for(int i=2; i<8; i++){
  inValue= inValue + buf[i];
}
PHVol = (float)inValue*100*5/1024/6;
//Serial.print("Voltaje mv =");
//Serial.println(PHVol);
/*Agregamos la ecuacion encontrada*/
PHvalor = -0.057*PHVol + 22.193;

Serial.print(temp1C);

```

```
Serial.print(",");  
Serial.print(temp1F);  
Serial.print(",");  
Serial.print(PHvalor);  
Serial.print(",");  
Serial.print(tdsValue);  
Serial.print(",");  
Serial.println(calc_NTU);  
}
```





Índice

Prototipo

- 05 Vistas
- 06 Axonometrias

Componentes

- 08 Sensores
- 09 Sensor de pH
- 09 Sensor de turbidez
- 10 Sensor de temperatura
- 10 Sensor de TDS

Aplicación móvil

- 12 Interfaz de usuario
- 13 Botones

Monitoreo

- 16 Instrucciones de uso

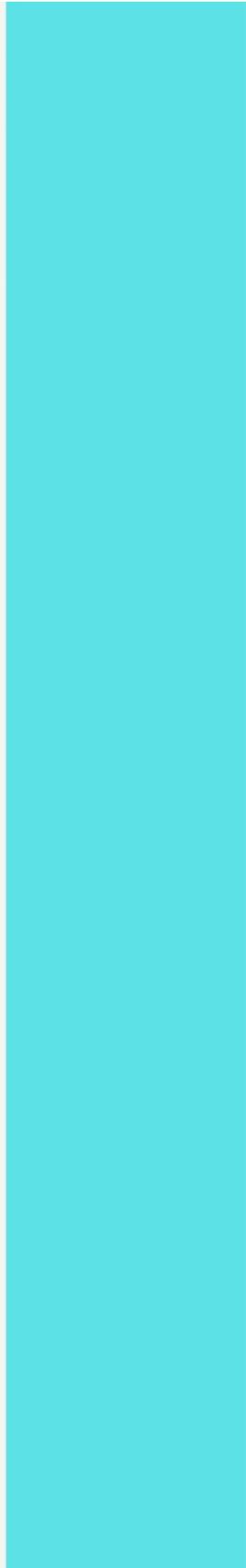
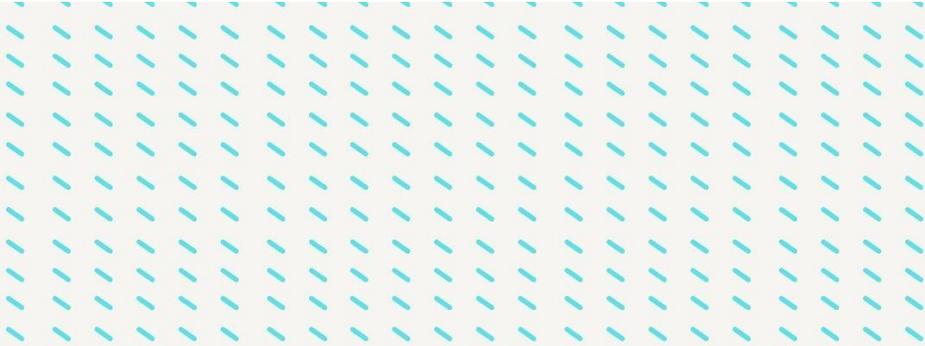




Introducción

Este manual proporciona al usuario las instrucciones necesarias sobre la construcción, el montaje, operación y mantenimiento del prototipo para el monitoreo remoto de la calidad del agua en piscinas recreativas. Está diseñado para garantizar el uso seguro y eficiente del equipo y proporcionar orientación en caso de errores.

La gestión efectiva de la calidad del agua en piscinas recreativas presenta desafíos significativos en la actualidad. Los técnicos de mantenimiento se enfrentan a limitaciones en el acceso a dispositivos especializados para la medición precisa de parámetros clave del agua, lo que afecta la capacidad de realizar evaluaciones oportunas.



01 Prototipo

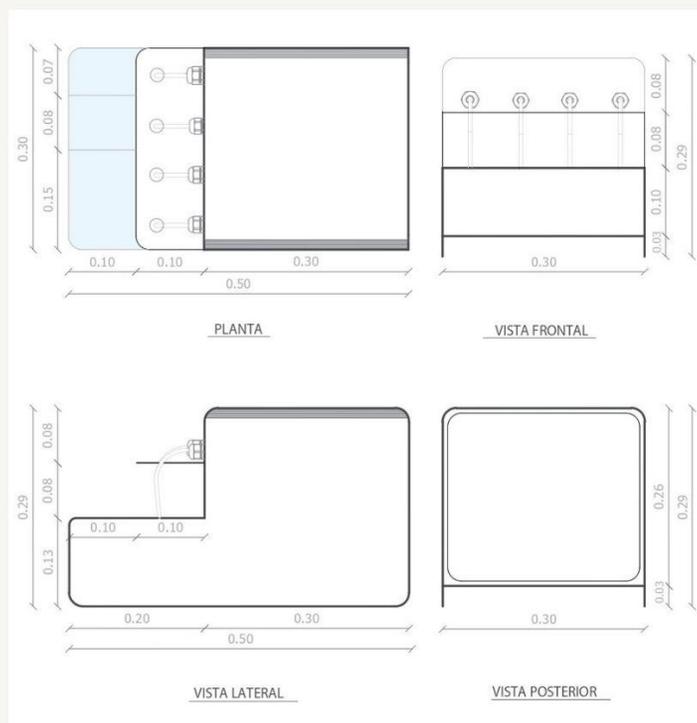
Vistas

DESCRIPCIÓN:

Diseñado en forma de "L", combina funcionalidad avanzada con portabilidad y un diseño intuitivo para facilitar el monitoreo y mantenimiento efectivos del agua en piscinas. La parte frontal, entra en contacto directo con el agua diseñada para realizar tomas de muestras representativas, mientras que la parte vertical en la parte trasera alberga los sensores y componentes electrónicos.

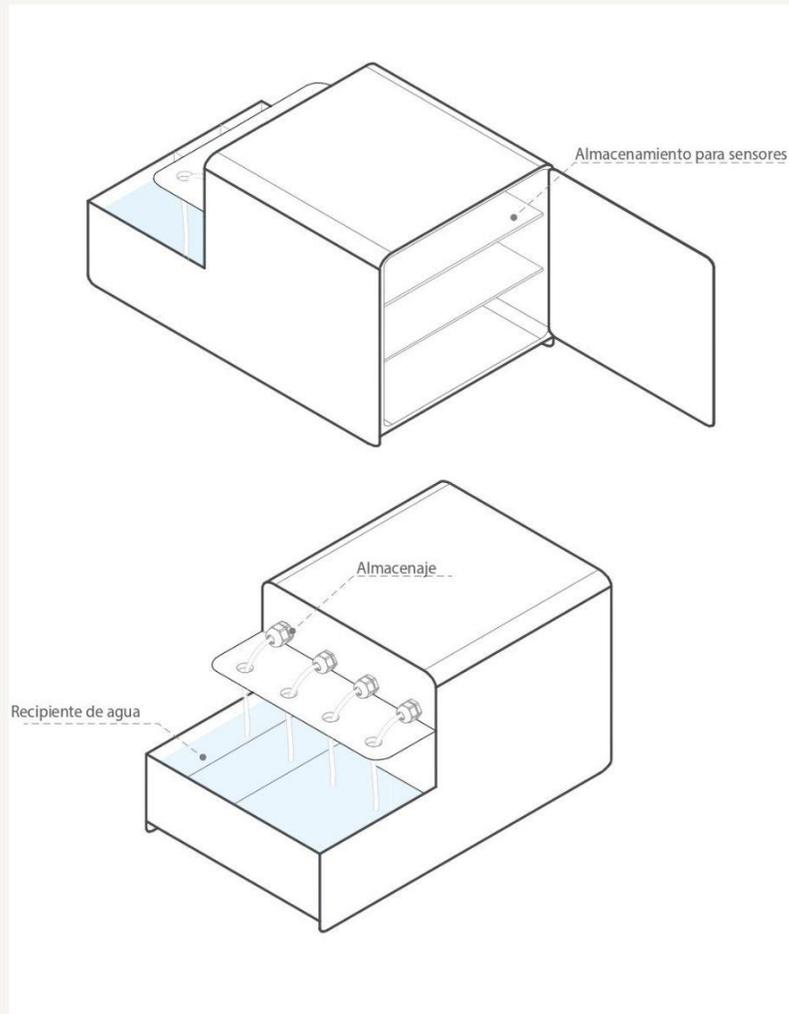
MATERIALIDAD:

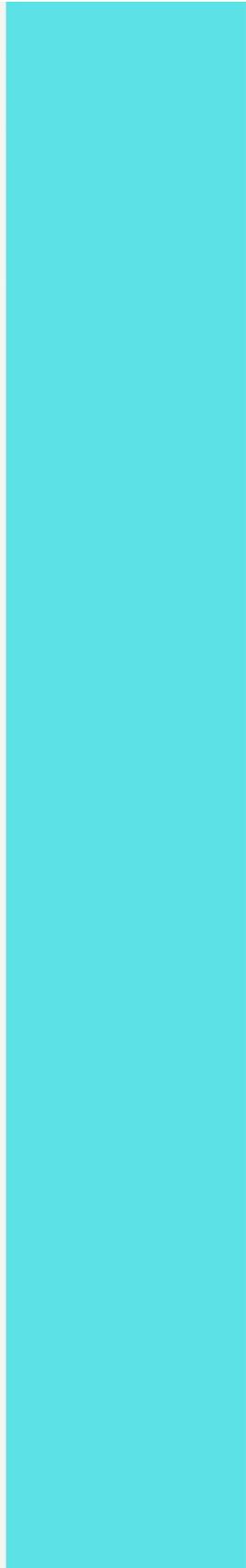
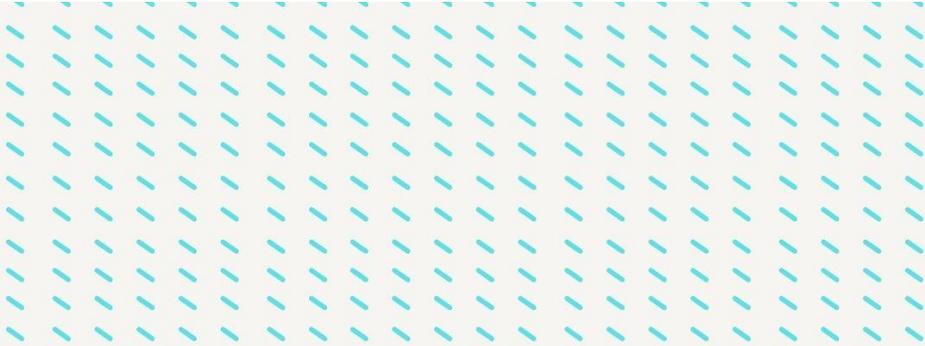
Acero inoxidable como material principal, esta elección se basa por ser resistente al agua y productos químicos presentes en las piscinas asegurando durabilidad y Dabilidad a largo plazo.





Axonometrias





02 Componentes

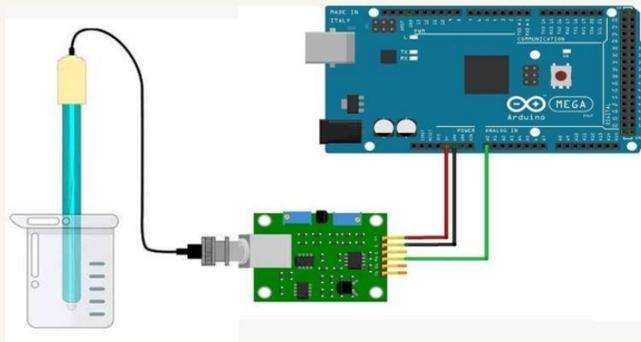
Sensores

Los sensores están considerados por factores como la compatibilidad, precisión y rango de medición para garantizar un buen rendimiento.



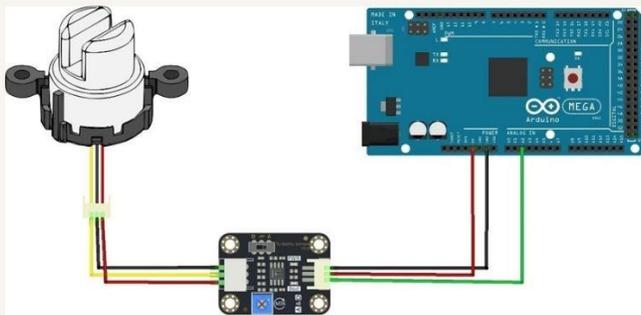
Sensor de pH

Permite medir el pH de una solución. El pH se mide en una escala de 0 y 14, donde un valor igual a 7 significa que la solución no es acida ni alcalina. Un valor pH menor de 7 significa que la solución es acida y un valor de pH mayor a 7 representa una solución alcalina.



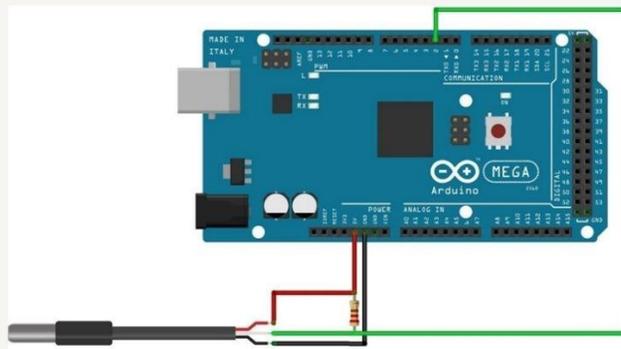
Sensor de turbidez

Permite medir la turbidez del agua para determinar su calidad. Utiliza la luz para detectar las partículas suspendidas en el agua basándose en el índice de dispersión de la luz y la transmitancia, las cuales cambian con la cantidad de sólidos suspendidos totales presentes en el agua.



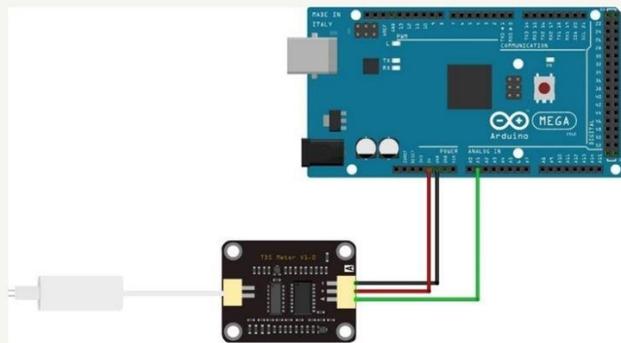
Sensor de temperatura

Permite la medición de temperatura en lugares con presencia de líquidos, ofrece la toma de valores desde un rango de temperatura de -55°C a 125°C .



Sensor de TDS

Permite medir la conductividad del agua y evaluar la capacidad de una solución para conducir una corriente eléctrica. La solución es conductora debido a la presencia de iones: cuanto mayor es la concentración de iones, más conductora es la solución.





03 **Aplicación móvil**

Interfaz de usuario

Los datos emitidos por los sensores son visualizados a través de nuestra aplicación móvil, lo cual permite acceder a información actualizada en tiempo real sobre el estado de la piscina y tomar medidas correctivas de manera oportuna para garantizar un ambiente seguro y saludable para los bañistas.



Botones



PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA

DISPOSITIVO: Sin dispositivo

TEMPERATURA 🌡️

00.00 °C 00.00 °F

PH 📏 **TDS** 📏

00.00 pH 00.00 ppm

TURBIDEZ 📏

00.00 NTU

Bluetooth Desconectar

- **Función:**
Este botón permite buscar y conectar el dispositivo móvil con el prototipo POOL•METER.
- **Descripción:**
 - Al presionar este botón, la aplicación iniciará una búsqueda de dispositivos Bluetooth cercanos.
 - Una vez que el dispositivo deseado sea identificado, se podrá seleccionar para establecer una conexión.



PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA

DISPOSITIVO: Sin dispositivo

TEMPERATURA 🌡️

00.00 °C 00.00 °F

PH 📏 **TDS** 📏

00.00 pH 00.00 ppm

TURBIDEZ 📏

00.00 NTU

Bluetooth Desconectar

- **Función:**
Se visualiza el nombre del dispositivo Bluetooth al que el prototipo POOL•METER está actualmente conectado.
- **Descripción:**
 - Cuando el prototipo POOL•METER se conecta exitosamente a un dispositivo Bluetooth, el nombre de este dispositivo aparecerá en este cuadro.
 - Si se desconecta el dispositivo, el nombre desaparecerá del cuadro, mostrando que no hay dispositivos actualmente conectados.

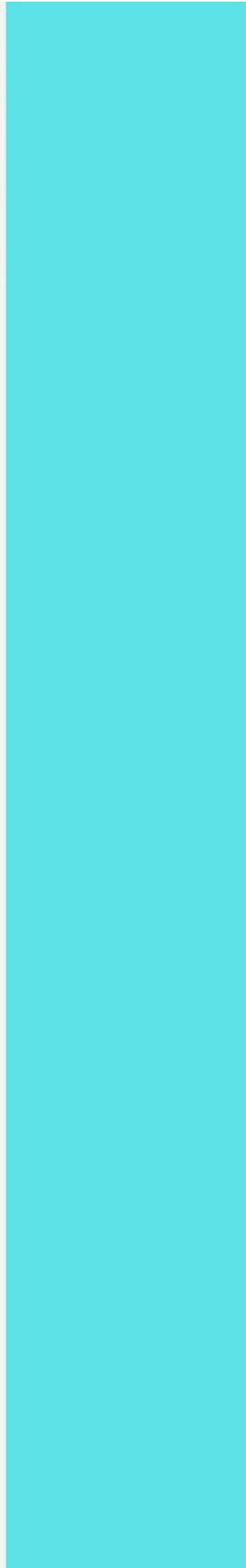
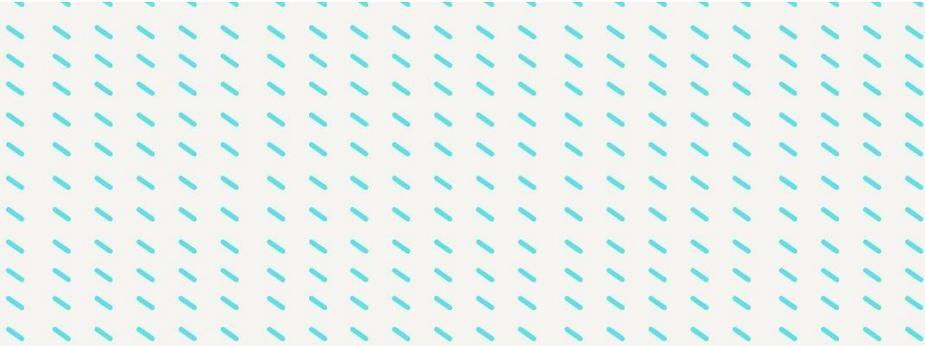


• **Función:**

Este botón permite desconectar el dispositivo móvil del prototipo POOL-METER.

• **Descripción:**

- Al presionar este botón, la aplicación finalizará la conexión Bluetooth actual con el dispositivo conectado.
- El nombre del dispositivo conectado desaparecerá del cuadro en la interfaz de la aplicación, indicando que ya no está vinculado.



04

Monitorio



Instrucciones de uso

Encendido del Prototipo:

- Verifica que el power bank esté cargado y conectado correctamente al prototipo.
- Presione el interruptor de encendido para activar el prototipo. Asegúrate de que todos los sensores estén correctamente colocados en los recipientes de agua.

Medición de Parámetros:

- Una vez encendido, vierta el agua a medir en los compartimientos designados dentro de la caja del prototipo.
- No moje los sensores directamente ni manipule las sondas. Los sensores están diseñados para medir el agua dentro de los compartimientos sin necesidad de ser manipulados directamente.

Transmisión de Datos:

- La aplicación móvil recibirá los datos de los sensores a través de la conexión Bluetooth.
- Asegúrate de que la aplicación esté vinculada para recibir datos Bluetooth antes de realizar las mediciones.

Apagado del Prototipo:

- Una vez completadas las mediciones, presione el interruptor de encendido para apagar el prototipo.
- Limpie y seque los recipientes del prototipo según sea necesario para mantener los sensores en buenas condiciones.

**Advertencias:**

- No mojar los sensores: Las sondas únicamente pueden estar en contacto directo con el agua. Solo deben medir el agua contenida en los compartimientos de la caja.
- Manipulación de sondas: Evite manipular las sondas de los sensores para prevenir daños o mal funcionamiento.
- Uso del power bank: Asegúrate de que el power bank esté cargado antes de usar el prototipo. Utiliza un power bank de calidad para asegurar una alimentación estable durante las mediciones.
- Precaución con el interruptor: Manipule el interruptor con cuidado para evitar daños o mal funcionamiento del prototipo.
- Limpieza y mantenimiento: Limpie y seque los compartimientos del prototipo después de cada uso para evitar contaminaciones.

Mantenimiento:

- Revise regularmente el estado de los sensores para asegurar su correcto funcionamiento.
- Limpie los sensores según las recomendaciones del fabricante para mantener su precisión.

Resolución de Problemas:

- En caso de problemas con las mediciones o la transmisión de datos, verifique la conexión Bluetooth y el estado de carga del power bank.

Anexo 26. Certificación de traducción del resumen

Loja, 23 de febrero de 2024

Yo, Mgtr. Marcela Angelita Ocampo Jaramillo, portadora de la cédula de identidad Nro. 1103125231, Coordinadora y Docente del Departamento de Idiomas de la Universidad Nacional de Loja, con título de Licenciada en Ciencias de la Educación, especialidad inglés, número de registro de SENESCYT 1031-07-755014; y Master en Gerencia y Liderazgo Educacional con número de registro SENESCYT 1031-14-86047597.

CERTIFICO:

Que la traducción al idioma inglés del resumen del Trabajo de Titulación, denominado **“DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL MONITOREO REMOTO DE LA CALIDAD DE AGUA EN PISCINAS RECREATIVAS”**, perteneciente al egresado **Diego Tomasz Machalski Chamba** con Nro. de cédula **1724363914**, corresponde al texto original en español.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado hacer uso del presente en lo que ella creyera conveniente.



Mgtr. Marcela Ocampo Jaramillo

Docente de Inglés del Instituto de Idiomas de la UNL.