



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD
PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE MEDICIÓN DE PH,
TEMPERATURA Y TURBIDEZ ENFOCADO A SOLUCIONES LÍQUIDAS”**

Proyecto de Propuesta Tecnológica presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero
Eléctrico.

Autor:

Tigasi Licto Joel Vinicio

Tutor Académico:

Ing. Secundino Marrero Ramírez. PhD

LATACUNGA - ECUADOR

2023 - 2024



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo **TIGASI LICTO JOEL VINICIO** declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE MEDICIÓN DE PH, TEMPERATURA Y TURBIDEZ ENFOCADO A SOLUCIONES LÍQUIDAS.”**, siendo el **PhD. MARRERO RAMÍREZ SECUNDINO** tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Tigasi Licto Joel Vinicio

C.C: 0550244263

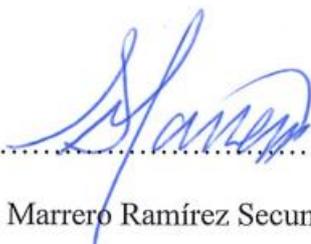


AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE MEDICIÓN DE PH, TEMPERATURA Y TURBIDEZ ENFOCADO A SOLUCIONES LÍQUIDAS.”, de **TIGASI LICTO JOEL VINICIO**, de la carrera de **INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, febrero del 2024


.....
PhD. Marrero Ramírez Secundino
C.C: 175710790-7



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el postulante: **TIGASI LICTO JOEL VINICIO** con el título de Proyecto de Titulación “**IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE MEDICIÓN DE PH, TEMPERATURA Y TURBIDEZ ENFOCADO A SOLUCIONES LÍQUIDAS**”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, febrero del 2024

Para constancia firman

Lector 1 (presidente)

Ing. Byron Paul Corrales Bastidas Msc.

C.C: 050234776-8

Lector 2

Ing. Roberto Salazar Achig Msc.

C.C: 0502847619

Lector 3

Ing. Manuel Ángel León Segovia

C.C: 050204135-3



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Con el presente documento, se pone en constancia que el estudiante: **TIGASI LICTO JOEL VINICIO**, de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, han desarrollado el proyecto tecnológico: “**IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE MEDICIÓN DE PH, TEMPERATURA Y TURBIDEZ ENFOCADO A SOLUCIONES LÍQUIDAS**” y realizaron la entrega del módulo para laboratorio de Química cumpliendo así con los objetivos propuestos al inicio del desarrollo del proyecto.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al interesado hacer uso del presente documento en cuando estime conveniente mientras se encuentre dentro del marco legal.

Latacunga, febrero 2024

Atentamente:

Ing. Jimmy Xavier Toaza Iza

C.C: 171762106-2

Docente de la Carrera de Ingeniería Hidráulica



AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por bendecirme durante la carrera y por ser mi mayor inspiración en mis momentos difíciles.

A mis padres Isabel Licto Vega y Luis Tigasi Vega por su gran apoyo incondicional durante todo el proceso de aprendizaje. Su aliento y motivación fue fundamental para mi crecimiento y desarrollo académico.

A mi tutor de tesis PhD Secundino Marrero, por su guía, paciencia, consejos y valiosas sugerencias en cada etapa del proceso de investigación. Sin su dedicación, este trabajo no habría sido posible.

A mis hermanos y mi familia quienes siempre estuvieron alentándome a seguir adelante a pesar de todas las adversidades.

También quisiera agradecer a mi pareja, Lisbeth Tucumbi, quien ha sido mi motivo de alegría y felicidad en mis peores momentos, gracias de todo corazón por estar siempre a mi lado y ayudarme mucho a creer en mí.

Finalmente, quiero agradecer a la prestigiosa Universidad Técnica De Cotopaxi por otorgarme esta oportunidad para estudiar y desarrollarme profesionalmente en la gloriosa carrera de Ingeniería Eléctrica.

Joel Tigasi



DEDICATORIA

Dedico emotivamente este éxito a Dios y a mis padres quienes jamás perdieron la fe en mí y han estado a mi lado en cada esfuerzo y logro. Su gran cariño y apoyo me han dado la fuerza necesaria para enfrentar cualquier reto.

Joel Tigasi



ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN:.....	1
2.1. EL PROBLEMA	1
2.1.1. Situación problemática	1
2.1.2. Formulación del problema.....	2
2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN	2
2.2.1. Objeto:	2
2.2.2. Campo de Acción para el proyecto:	2
2.3. BENEFICIARIOS.....	3
2.3.1. Beneficiarios directos	3
2.3.2. Beneficiarios indirectos	3
2.4. JUSTIFICACIÓN	3
2.5. OBJETIVOS	4
2.5.1. General	4
2.5.2. Específicos.....	4
2.6. TAREAS POR OBJETIVO	5
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
3.1. ANTECEDENTES.....	6
3.2. ESTACIÓN DE MEDICIÓN DE SOLUCIONES LIQUIDAS	8
3.3. IMPORTANCIA DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN EFICAZ	9
3.4. DISEÑO Y ARQUITECTURA DE UNA ESTACIÓN DE MEDICIÓN.....	10



3.5. AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE SOLUCIONES LIQUIDAS	11
3.6. PARÁMETROS DE MEDICIÓN	12
3.6.1. Potencial de hidrógeno (pH).....	12
3.6.2. Principio de medición de pH.....	13
3.6.3. Temperatura.....	14
3.6.4. Principio de medición de temperatura.....	14
3.6.5. Turbidez.....	15
3.6.6. Principio de medición de Turbidez	16
3.7. SOLUCIONES LIQUIDAS.....	16
3.7.1. Agua	17
3.7.2. Líquidos refrigerantes.....	17
3.7.3. Soluciones químicas	18
3.8. CONTROLADOR ESP32.....	18
3.8.1. Aplicaciones Prácticas:.....	19
3.9. FUENTE REGULABLE DC/DC LM2596	19
3.10. SOFTWARE PROTEUS DESIGN SUITE	20
3.11. SOFTWARE ARDUINO.....	21
3.12. SOFTWARE LABVIEW.....	22
3.12.1. Características	23
3.12.2. Aplicaciones	23
3.13. DESAFÍOS Y CONSIDERACIONES	24
4. METODOLOGÍA.....	25
4.1. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	25
4.1.1. Método Analítico.....	25
4.1.2. Método Descriptivo.....	25
4.1.3. Método de Medición	25
4.2. TIPOS INVESTIGACIÓN	26
4.2.1. Investigación Documental.....	26
4.2.2. Investigación Experimental.....	26
4.2.3. Investigación de Caso.....	26
4.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTACIÓN	26
4.3.1. Proteus.....	26
4.3.2. Arduino.....	27
4.3.3. LabVIEW	27



4.4.	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN	27
4.4.1.	Sensores.....	27
4.4.2.	Fuente de alimentación.....	30
4.4.3.	Circuito electrónico general de los diferentes módulos	31
4.4.4.	Conexión de los elementos del circuito general de los distintos módulos	33
4.4.5.	Cajas de PVC.....	35
4.5.	CALIBRACIÓN DE LOS MÓDULOS.....	36
4.5.1.	Datos obtenidos del módulo de pH	36
4.5.2.	Datos obtenidos del módulo de temperatura	37
4.5.3.	Datos obtenidos del módulo de turbidez	38
4.6.	CARGA DE PSEUDOCÓDIGO A LOS MÓDULOS ESP32	40
4.7.	COMUNICACIÓN ESP32 PRINCIPAL CON LABVIEW	42
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	45
5.1.	FUNCIONAMIENTO DE LA ESTACIÓN DE MEDICIÓN.....	45
5.2.	FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE REGISTRO DE DATOS	46
5.3.	Validación de los resultados	47
5.3.1.	Módulo de pH.....	47
5.3.2.	Módulo de temperatura	48
5.3.3.	Módulo de turbidez	49
5.4.	RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE PH, TEMPERATURA Y TURBIDEZ EN EL MÓDULO DE INSTALACIÓN DOMÉSTICA PRESURIZADA	51
5.5.	SISTEMA DE REGISTRO DE DATOS	51
5.6.	IMPACTOS	53
5.6.1.	Impacto social.....	53
5.6.2.	Impacto técnico	53
5.6.3.	Impacto económico	53
5.6.4.	Impacto ambiental	54
5.7.	ELABORACIÓN DE LAS GUÍAS PRÁCTICAS	54
5.8.	PRESUPUESTO	54
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
6.1.	CONCLUSIONES	56
6.2.	RECOMENDACIONES	57
7.	BIBLIOGRAFIA.....	57



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Sistema de Medición Inteligente [17].	10
Figura 3.2. Escala de pH [27].	13
Figura 3.3. Sensor de pH Tipo E-201 [28].	13
Figura 3.4. Sensor QDL80A M1 [32].	15
Figura 3.5. Turbidez en el Agua [34].	15
Figura 3.6. Sensor de turbidez TSW-30 [36].	16
Figura 3.7. ESP-32 [44].	18
Figura 3.8. LM2596 [45].	20
Figura 3.9. Proteus Interfaz [46].	21
Figura 3.10. Arduino Interfaz [47].	22
Figura 3.11. LabVIEW Interfaz [48].	22
Figura 4.1. Circuito de conexión con el sensor de pH.	28
Figura 4.2. Circuito de conexión con el sensor de temperatura.	28
Figura 4.3. Circuito de conexión con el sensor de turbidez.	29
Figura 4.4. Circuito de alimentación para el módulo principal, pH y turbidez.	30
Figura 4.5. Circuito de alimentación del sensor de temperatura.	31
Figura 4.6. Componentes generales del circuito del módulo principal.	31
Figura 4.7. Componentes generales del circuito del módulo de pH.	32
Figura 4.8. Componentes generales del circuito del módulo de temperatura.	32
Figura 4.9. Componentes generales del circuito del módulo de turbidez.	33
Figura 4.10. Esquema gráfico general de la estación de medición.	34
Figura 4.11. Vista lateral derecha de la caja PVC para los módulos de los sensores.	35
Figura 4.12. Vista lateral derecha de la caja PVC para el módulo principal.	35
Figura 4.13. Conexión de los elementos en la PCB de los diferentes módulos.	36
Figura 4.14. Gráfica de ecuación para calibrar el módulo de pH.	37
Figura 4.15. Gráfica de ecuación para calibrar el módulo de temperatura.	38
Figura 4.16. Gráfica de ecuación para calibrar el módulo de turbidez.	40
Figura 4.17. Verificación de la selección de la placa ESP32 Dev Module.	41
Figura 4.18. Compilación exitosa del pseudocódigo.	41
Figura 4.19. Carga del pseudocódigo al controlador ESP32.	42
Figura 4.20. Diagrama de bloques recepción de datos	43



Figura 4.21. Diagrama de bloques para la transformación y visualización de datos.	43
Figura 4.22. Diagrama de bloques para el registro de datos en la interfaz.....	44
Figura 4.23. Diagrama de bloques para el registro de datos en un archivo XSLX.	45
Figura 5.1. Diagrama de flujo del sistema de adquisición de datos.	46
Figura 5.2. Interfaz del sistema de adquirente de datos.	47
Figura 5.3. Comparación gráfica de los resultados registrados para el módulo de pH.	48
Figura 5.4. Comparación gráfica de los datos registrados para el módulo de temperatura.....	49
Figura 5.5. Comparación gráfica de los resultados registrados para el módulo de turbidez. ..	50
Figura 5.6. Registro de datos de muestra de agua purificada.	52
Figura 5.7. Datos registrados por los módulos en tiempo real.	52



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Sistema de Tareas	5
Tabla 4.1. Características técnicas del sensor de pH Tipo E-201 [28].	28
Tabla 4.2. Características técnicas del sensor QDL80A PT100 [32].	29
Tabla 4.3. Características técnicas del sensor de turbidez TSW-30 [36].	30
Tabla 4.4. Pines de conexión del módulo de pH.	33
Tabla 4.5. Pines de conexión del módulo de temperatura.	34
Tabla 4.6. Pines de conexión del módulo de turbidez.	34
Tabla 4.7. Datos para la calibración del módulo de pH.....	36
Tabla 4.8. Datos para la calibración del módulo de temperatura.	37
Tabla 4.9. Datos para la calibración del módulo de turbidez. Parte A	38
Tabla 4.10. Datos para la calibración del módulo de turbidez. Parte B	39
Tabla 5.1. Comparación de datos obtenidos con el módulo de pH.	48
Tabla 5.2. Comparación de datos obtenidos con el módulo de temperatura.	49
Tabla 5.3. Comparación de datos obtenidos con el módulo de turbidez.	50
Tabla 5.4. Datos medidos de las muestras iniciales.	51
Tabla 5.5. Datos medidos con el módulo de instalación doméstica presurizada.....	51
Tabla 5.6. Costos para el módulo de pH. Parte A.....	54
Tabla 5.7. Costos para el módulo de pH. Parte B.....	55
Tabla 5.8. Costos para el módulo de temperatura.	55
Tabla 5.9. Costos para el módulo de turbidez.	55
Tabla 5.10. Costos externos.....	56
Tabla 5.11. Costos indirectos.	56
Tabla 5.12. Costos totales.....	56



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE MEDICIÓN DE PH, TEMPERATURA Y TURBIDEZ ENFOCADO A SOLUCIONES LÍQUIDAS.”

Autor: Tigasi Licto Joel Vinicio

RESUMEN

Actualmente, los experimentos relacionados con la calidad de las soluciones líquidas se llevan a cabo en laboratorios químicos especializados con el objetivo de garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad. La ejecución del análisis de soluciones líquidas en laboratorios químicos se considera una práctica fiable. En este contexto, se identificó como un problema la ausencia de una estación de medición automatizada que pueda monitorear las variables como el pH, la temperatura y la turbidez durante las actividades experimentales en el laboratorio de química de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, lo que limita el entendimiento y aprendizaje de los estudiantes. La presente propuesta tecnológica fue desarrollada con el propósito de medir las variables físico-químicas de las soluciones líquidas mediante la incorporación de sensores de pH, temperatura y turbidez, junto con la programación de un diagrama de bloques para la visualización y registro automático de datos de las diferentes mediciones. El sistema consta de tres sensores para medir dichos parámetros de las soluciones líquidas. La estación se ha ubicado dentro de las instalaciones del laboratorio de química para su uso versátil durante las prácticas experimentales. La calibración efectuada en los diversos sensores arrojó un error promedio del 1,45% para el sensor de pH, del 0,83% para el sensor de temperatura y del 2,19% para el sensor de turbidez. Los sensores envían los datos medidos a los controladores ESP32 y los mismos codifican estos datos a los valores deseados y se logran visualizar en las pantallas y con el ESP32 principal se envían los datos de todos los módulos a la programación de diagrama de bloques, donde se visualizan las mediciones y se realiza un registro de los datos de cada medición. De esta manera, los estudiantes pueden visualizar cada uno de estos parámetros. El sistema de medición automatizada es de suma importancia para los estudiantes, ya que les proporciona un mayor nivel de comprensión y dominio de los temas relacionados con dichos parámetros.

Palabras clave: pH, temperatura, turbidez, automatización, medición, registro.



TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES SCHOOL

TITLE: "IMPLEMENTATION OF A PH, TEMPERATURE AND TURBIDITY MEASUREMENT STATION FOCUSED ON LIQUID SOLUTIONS".

Author: Tigasi Licto Joel Vinicio

ABSTRACT

Currently, experiments related to the quality of liquid solutions are carried out in specialized chemical laboratories to ensure the fulfillment of quality standards. Performing analysis of liquid solutions in chemical laboratories is considered a reliable practice. In this context, the lack of an automated measurement station that can monitor variables such as pH, temperature, and turbidity during experimental activities in the Faculty of Engineering and Applied Sciences chemistry laboratory was identified as a problem that limits students' understanding and learning. The present technological proposal was developed to measure the physical-chemical variables of liquid solutions by incorporating pH, temperature, and turbidity sensors, with the programming of a diagram block for the visualization and automatic register of data from the different measurements. The system consists of three sensors to measure these parameters of liquid solutions. The station has been located within the chemistry laboratory to facilitate versatile use during experimental practices. The calibration held on the different sensors showed an average error of 1.45% for the pH sensor, 0.83% for the temperature sensor, and 2.19% for the turbidity sensor. The sensors send the measured data to the ESP32 controllers, which encode this data to the expected values, which can be shown on the screens. With the main ESP32, the data of all the modules are sent to the block diagram programming, where the measurements are displayed, and the data of each measurement is registered. In this way, students can visualize each of these parameters. The automated measurement system is important for students, it provides them with a higher level of understanding and mastery of the topics related to these parameters.

Keywords: pH, temperature, turbidity, automation, measurement, registration.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y
APLICADAS

CARRERA: INGENIERIA EN ELECTRICIDAD

Nombre del estudiante:

Tigasi Licto Joel Vinicio

AVAL DE TRADUCCIÓN- Profesional Externo

Mena Álvarez Carlos Efraín con cédula de identidad número: 1723751804 Licenciado en: Pedagogía del idioma inglés con número de registro de la SENESCYT: 1020-2023-2649318; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE MEDICIÓN DE PH, TEMPERATURA Y TURBIDEZ ENFOCADO A SOLUCIONES LÍQUIDAS.”** de: **Tigasi Licto Joel Vinicio**, egresado de la carrera de **Ingeniería En Electricidad**, perteneciente a la Facultad de: **Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**.

En virtud de lo expuesto y para constancia de lo mismo se registra la firma respectiva.

Latacunga, febrero, 2024


.....
Mena Álvarez Carlos Efraín
CI: 1723751804

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título: Implementación de una Estación de Medición de pH, Temperatura y Turbidez Enfocado a Soluciones Líquidas.

Fecha de inicio: Octubre del 2023

Fecha de finalización: Febrero del 2024

Lugar de ejecución: Barrio El Ejido, Av. Simón Rodríguez, Parroquia San Felipe, Ciudad de Latacunga, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

Facultad: Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

Carrera: Ingeniería en Electricidad.

Proyecto de investigación vinculado: Invernadero Inteligente con Autonomía Energética para el Estudio Experimental de Cultivos de la Familia de la Jícama.

Docente tutor: Ing. Secundino Marrero Ramírez. PhD

Área de Conocimiento: 07 Ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesiones Afines / 0713 Electricidad y Energía.

Línea de Investigación: Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sublíneas de investigación: Control y optimización en el uso de la energía del sector industrial, comercial y residencial.

2. INTRODUCCIÓN:

2.1. EL PROBLEMA

2.1.1. Situación problemática

Los laboratorios químicos en la industria juegan un papel importante en el análisis y control de calidad de soluciones líquidas. Uno de los principales factores para el buen funcionamiento de estas industrias es el aseguramiento de la calidad de las soluciones líquidas utilizadas, como el agua, los químicos tecnológicos y las sustancias utilizadas para diversos ámbitos. Estas variables son fundamentales, principalmente cuando se trata del control y monitoreo de agua.

Por lo tanto, es necesario contar con herramientas adecuadas que permitan obtener informaciones precisas sobre los parámetros físico-químicos involucrados.

En este sentido, existen numerosas investigaciones relacionadas al análisis de soluciones líquidas destinado a la identificación y/o detección oportuna de contaminantes o sustancias nocivas presentes en ella; sin embargo, hay poca información disponible acerca de las estrategias tecnológicas utilizadas para medir los niveles relativos de pH, temperatura y turbidez en las soluciones líquidas. Además, la mayoría de sistemas se encuentran limitados por su costo y diseño ineficiente por lo que no resultan suficientemente precisas para la toma de datos confiables y respecto su estudio.

Por consiguiente, en el laboratorio de química de la Universidad Técnica de Cotopaxi, provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, el desarrollo de una estación de medición de dichos parámetros será una propuesta interesante moderna que nos permite abordar el problema de los factores que afectan a las soluciones líquidas para su determinada investigación de forma confiable segura y precisa. Buscando promover un mayor cumplimiento respecto a la calidad de resultados y a un mayor nivel de optimización y desarrollo tecnológico para el significado concerniente al progreso del aprendizaje de los estudiantes.

2.1.2. Formulación del problema

La falta de un sistema automatizado de medición de parámetros de pH, temperatura y turbidez en el laboratorio químico de la facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas impide que no se puedan realizar las mediciones y el registro de dichos parámetros durante las prácticas e investigaciones, generando una dificultad para el análisis de soluciones líquidas.

2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.2.1. Objeto:

Sistema de medición de pH, temperatura y turbidez de soluciones líquidas.

2.2.2. Campo de Acción para el proyecto:

3311 Tecnología de la Instrumentación / 331101 Tecnología de Automatización.

2.3. BENEFICIARIOS

2.3.1. Beneficiarios directos

La implementación de esta estación de medición proporcionaría a los estudiantes y docentes de la carrera de hidráulica una herramienta fundamental para mejorar la calidad y precisión de sus prácticas experimentales con soluciones líquidas. Al obtener datos precisos y confiables, podrán realizar análisis más detallados y fundamentados en sus investigaciones de laboratorio. Además, contar con datos confiables facilitaría la validación de resultados y la comparación con teorías establecidas, lo que contribuiría al avance del conocimiento en el campo de la hidráulica.

2.3.2. Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos serían las empresas y organizaciones que utilizan en su proceso de producción el análisis de las soluciones líquidas. Al tener acceso a datos más precisos y confiables, podrían optimizar sus procesos, mejorar la calidad de sus productos y servicios, y garantizar un mayor control sobre la eficiencia y consistencia de sus operaciones. Esto les permitiría cumplir con estándares más exigentes de calidad y seguridad, lo que a su vez podría traducirse en una mayor satisfacción del cliente y una reputación mejorada en el mercado.

2.4. JUSTIFICACIÓN

La precisión en la medición de parámetros básicos como el pH, la temperatura y la turbidez en soluciones líquidas son esenciales para obtener resultados precisos y recopilar información relevante que ayude a comprender y entender los experimentos que se realizan en los laboratorios. Puesto que un desequilibrio en el pH puede afectar negativamente los resultados experimentales y la interpretación de los mismos, de la misma manera la temperatura también juega un papel importante en el análisis de soluciones líquidas ya que un incremento o disminución inesperada en la temperatura puede alterar el equilibrio de las soluciones, afectando la precisión de los resultados, por último la turbidez es un parámetro que indica la presencia de partículas en suspensión en una solución y con ello la presencia de impurezas o partículas puede afectar la calidad de la solución. La medición de estas variables es esencial para asegurar que la solución esté en condiciones óptimas y no se vea afectada por diversos factores. La medición automatizada reduce la necesidad de intervención humana, lo que minimiza la posibilidad de errores humanos y aumenta la eficiencia del proceso.

Para el avance del conocimiento y promover una mejor comprensión de la práctica experimental, consideramos necesario implementar una estación capaz de medir y visualizar los parámetros clave como el pH, la temperatura y la turbidez, a través del desarrollo de un sistema de medición automatizada. Este sistema permitiría a los usuarios obtener datos en tiempo real, y a su vez a tomar decisiones informadas sobre el análisis de soluciones líquidas en el laboratorio. Con la medición de estos parámetros los usuarios podrán detectar cualquier cambio en las variables de pH, temperatura y turbidez, con lo cual podrían tomar medidas preventivas para evitar cualquier problema potencial. Además, que se requiere que estos datos estén exactos a los valores que se muestran en la teoría de la práctica para una mejor comprensión en cuestión con lo cual es importante contar con un sistema inteligente de medición de dichas variables.

2.5. OBJETIVOS

2.5.1. General

Implementar una estación de medición de las variables de pH, temperatura y turbidez, para garantizar la obtención de datos precisos y confiables en el análisis de soluciones líquidas mediante un sistema de adquisición de datos automatizado.

2.5.2. Específicos

- Implementar un prototipo de medición inteligente en tiempo real que permita la visualización de las mediciones de las variables de pH, temperatura y turbidez en soluciones líquidas, brindando una interfaz intuitiva y de fácil acceso.
- Evaluar la precisión y la fiabilidad de los datos generados por la estación de medición, mediante la Inter comparación con instrumentos certificados, para validar la efectividad del sistema automatizado.
- Medir el pH, temperatura y turbidez en el módulo de instalación doméstica presurizada de la carrera de ingeniería hidráulica y desarrollar la guía necesaria para la manipulación e interpretación de los resultados obtenidos.

2.6. TAREAS POR OBJETIVO

Tabla 2.1. Sistema de Tareas

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
<p>Implementar un prototipo de medición inteligente en tiempo real que permita la visualización de las mediciones de las variables de pH, temperatura y turbidez en soluciones líquidas, brindando una interfaz intuitiva y de fácil acceso.</p>	<p>Adquisición los materiales y elementos necesarios para el desarrollo de la estación de medición. Realización de la programación respectiva para la adquisición de datos de acuerdo a las variables a manejar a través de ARDUINO Y LABVIEW. Realización los respectivos circuitos para la interconexión de los sensores cargando a su vez la programación y la verificación adecuada del funcionamiento.</p>	<p>Sensores y materiales adecuados para el funcionamiento de la estación de medición. Funcionamiento correcto de las interconexiones de los distintos circuitos de acuerdo a la programación establecida. Simulación correcta de los datos obtenidos a través de los sensores y la programación realizada.</p>	<p>Lista de materiales y elementos para el desarrollo del circuito del banco de pruebas. Software ARDUINO para la recepción de datos. Simulación del sistema de registro de datos en el software LABVIEW.</p>
<p>Evaluar la precisión y la fiabilidad de los datos generados por la estación de medición, mediante la Inter comparación con instrumentos certificados, para validar la efectividad del sistema automatizado.</p>	<p>Ejecutar la intercalación de los sensores para el prototipo con los datos obtenidos arrojados por los sensores certificados. Realizar la calibración de los medidores de pH, temperatura y turbidez para garantizar mediciones precisas y confiables. Evaluación y comparación de los resultados de pH, temperatura y turbidez dados por la estación de medición una vez implementado.</p>	<p>Datos de medición fiables datos obtenidos por los sensores de pH, temperatura y turbidez en soluciones líquidas. Correcto funcionamiento de cada uno de los módulos de medición.</p>	<p>Tabla de comparación de los resultados obtenidos con los señores certificados en comparación al sistema inteligente de medición.</p>
<p>Medir el pH, temperatura y turbidez en el módulo de instalación doméstica presurizada de la carrera de ingeniería hidráulica y desarrollar la guía necesaria para la manipulación e interpretación de los resultados obtenidos.</p>	<p>Evaluar los parámetros de pH, temperatura y turbidez en el módulo de instalación doméstica presurizado. Registrar y almacenar los datos obtenidos de las mediciones en una base de datos. Investigación de manuales similares en la red. Elaboración de la guía práctica para la correcta medición de las variables.</p>	<p>Medición confiable del pH, temperatura y turbidez del prototipo de instalación doméstica presurizada. Datos registrados y almacenados de manera organizada y accesible para su posterior análisis y evaluación. Guía para el desarrollo de la práctica de la estación de medición.</p>	<p>Sensores de pH, temperatura y turbidez, Sistema de registro de datos Paginas y documentos web. Guías prácticas experimentales. Estación de medición.</p>

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. ANTECEDENTES

En el ámbito educativo, se ha enfrentado un desafío en el avance de habilidades prácticas relacionadas con el análisis de los parámetros de medición fundamentales en soluciones líquidas. Este tipo de prácticas son cruciales para fortalecer el entendimiento teórico impartido en el salón de clases. Sin embargo, la carencia de acceso a los equipos de medición necesarios ha obstaculizado la obtención de resultados óptimos en este aspecto. Ante esta limitación, se ha recurrido a la simulación virtual utilizando herramientas como tarjetas de intercomunicación inalámbrica y softwares, como una alternativa para abordar la medición de sustancias líquidas.

La investigación de Aragón Patiño en el Liceo Juan Ramón Jiménez de Colombia que se enfocó en desarrollar un prototipo que utiliza el microcontrolador Arduino Uno y sensores especializados para realizar mediciones en tiempo real del pH, turbiedad, conductividad eléctrica y temperatura del agua en una planta de tratamiento, señalando que el prototipo empleó un Arduino UNO rev3 junto con una Shield de ethernet para la conexión a la red que permitió que las mediciones se envíen cada 5 segundos a un servidor para su almacenamiento en una base de datos accesible por el operario a través de cualquier navegador web. En caso de que las mediciones excedieran los valores permitidos por la normativa colombiana, el sistema enviaba automáticamente un correo electrónico de alerta al operario, permitiéndole tomar medidas preventivas o correctivas según fuera necesario [1].

Por otro parte la investigación de Vergel llevada a cabo en la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) de Guayabal de Siquima en Colombia se aborda a través de un enfoque multidisciplinario la planeación, diseño y construcción de un sistema de monitoreo para la alerta temprana enfocado al acueducto, obteniendo mejoras en la operación de la PTAP de este Municipio para demostrar en general una mejor calidad del suministro de agua potable, ya que con la vigilancia sobre el pH del agua, el caudal de abastecimiento, los niveles del tanque, la turbiedad y suministro eléctrico se permite tomar corrección oportunas gracias al desarrollo de este proyecto experimental, que optó por una metodología de análisis de caso, basado en pruebas y documentación bibliográfica sobre esta planta [2].

En el diseño de un sistema inteligente ambiental para monitorear la calidad del agua de las playas de Huanchaco en 2018, desarrollado por Román Juárez, se observa que el uso de

sensores inalámbricos en una red destinada a medir los parámetros de contaminación como pH, temperatura y turbidez permitió que los datos se visualizaron en una aplicación móvil, proporcionando información específica sobre el nivel de contaminación y su impacto en la salud de los seres vivos a través de la investigación pre experimental que empleó la metodología del Modelo V o Modelo de 4 niveles, que facilitó el diseño del circuito utilizando plataformas como Fritzing y Proteus, además de un boceto de la aplicación móvil que requirió un microcontrolador Arduino, módulo Bluetooth, sonda de electrodo de pH Bnc, módulo sensor de valor, sensor de turbidez, DS18B20 y sensor de temperatura digital, así como el desarrolló una aplicación móvil para capturar y monitorear los datos, concluyendo que el sistema Nepo optimizó la recopilación de datos sobre el nivel de contaminación de las playas de Huanchaco [3].

Según Regino destacó el desarrollo de un sistema de monitoreo basado en el Internet de las cosas (IoT) el cual utiliza medidores especializados para capturar variables en tiempo real y aplicando modelos analíticas descriptivas para detectar anomalías en los parámetros físicoquímicos del agua destinada al consumo humano. En esta investigación se enfocó un modelo integral para el profesional en ingeniería, abarcando actividades de documentación, diseño y desarrollo, validación y evaluación experimental dando resultados que permite comparar el método convencional de medición con el dispositivo basado en IoT, con un error relativo promedio inferior al 5% por lo cual el prototipo es apto para utilizarse e informar a los usuarios sobre anomalías en tiempo real, permitiendo la creación de una base de datos para comparaciones futuras y el desarrollo de algoritmos predictivos que contribuyan a la prevención de problemas de salud asociados al consumo de agua [4].

De acuerdo con Contreras y Rojano en su diseño de un prototipo para el tratamiento del agua potable de monitoreo en las variables clave (temperatura, caudal, pH, conductancia, turbidez) basado en una arquitectura IoT de tres capas, y el uso de microcontroladores Arduino y ESP8266 para recolectar datos de sensores y enviarlos a una base de datos en la nube de Google. Además de permitir el control de electroválvulas y bombas mediante el protocolo MQTT, permitiendo un control rápido en tiempo real y dosificación a través del aplicativo web Grafana, PHP, JavaScript y HTML donde destaca un script Python con un modelo de machine learning que procesa los datos de temperatura para calcular el tiempo de inactivación y ejecutar la dosificación [5].

Por otro lado, en el proyecto de investigación de Lescano enfocado a mejorar la calidad del agua destinada al consumo humano mediante el análisis de parámetros químicos y físicos se optó por un sistema que automatiza la dosificación del hipoclorito de calcio, controlando la cantidad mediante una bomba peristáltica basada en cálculos según el número de usuarios finales indicando que los sensores evitan el desperdicio del agua y del químico, mientras que la información de pH, agua y temperatura se envía a través de comunicación inalámbrica GSM para el control diario que posibilitó una alerta que desactiva la bomba y cierra la entrada de agua no tratada mediante una electroválvula [6].

En el proyecto de Coello y Torres para el control de factores ambientales relacionados con el agua, como la temperatura, turbidez, acidez (pH) y sólidos totales disueltos (TDS) se aprecia el enfoque de la implementación de la tecnología LoRaWan por medio del uso de la red que consta de un Gateway para recopilar información y un nodo sensor que conectará sensores de temperatura, pH, turbidez y sólidos disueltos a un microcontrolador Arduino mediante un código abierto que permitió que los datos recopilados se pueden visualizarse en una página web y posteriormente en una aplicación, proporcionando un informe detallado de los resultados. [7].

Según Moran en su proyecto de titulación que se centró en diseñar un prototipo de sensor llamado "IoT Smart Water" para monitorear los parámetros del agua en estanques artesanales de peces o camarones que permitió la visualizar la temperatura, turbidez y pH en una página web llamada "MAKA", indica la elección de sensores adecuados y la creación de una interfaz web fácil de usar el cual se logró a través del uso de la placa de desarrollo NodeMCU ESP8266 versión 2, y sensores de pH, temperatura y turbidez donde la integración de estos componentes y las pruebas llevaron a demostrar la utilidad del dispositivo y los beneficios que proporciona resultados aún mejores en el futuro [8].

3.2. ESTACIÓN DE MEDICIÓN DE SOLUCIONES LIQUIDAS

La medición precisa de las propiedades de las soluciones líquidas es esencial en diversas industrias como la química, la farmacéutica y el tratamiento de aguas. Según Ribes las estaciones de medición de soluciones líquidas han emergido como herramientas que permiten monitorear y controlar con precisión factores como la concentración de sustancias químicas, la conductividad, el pH y la temperatura, Es decir que estas estaciones son una fusión de

tecnología avanzada que junta las necesidades prácticas para impulsar la eficiencia y la calidad tanto en procesos industriales como de laboratorio [9].

Con base a Castillo las estaciones de medición de soluciones líquidas representan un hito en la convergencia de la tecnología que mejora la necesidad de control preciso en diversas aplicaciones industriales y de laboratorio donde la capacidad para medir, controlar y monitorear en tiempo real aporta a la calidad del producto final y optimiza los procesos. A medida que la tecnología avanza, estas estaciones desempeñando un rol necesario en la evolución y mejora continua de diversas industrias al asegurar un futuro donde la precisión y el control son la norma [10].

Una característica distintiva que se atribuye a las estaciones de medición de soluciones líquidas es su capacidad para integrar sistemas de monitoreo y registro de datos, resaltando el caso de los invernaderos donde se captura y almacenan información en tiempo real, permitiendo un análisis detallado de las condiciones del sistema. Como se menciona la medición en tiempo real es muy importante para permitir la inclusión de unidades de muestreo automático (ASU) que agrega una facilidad de recolección de muestras programadas de manera eficiente [11].

Como afirma Uriguen Fernández los avances en software de control y supervisión han transformado la operación de los modelos de información en la estación que miden parámetros físicos y químicos por lo cual se busca una interfaz amigable para el usuario que permita configurar parámetros, monitorear y en algunos casos, acceder y controlar la estación de forma remota que se optimiza con una capacidad de análisis de datos integrada en el software para facilitar la activación de alarmas o la detención de los procesos [12].

3.3. IMPORTANCIA DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN EFICAZ

En el entorno actual, caracterizado por la rápida evolución tecnológica y la creciente demanda de eficiencia, la importancia de implementar sistemas de medición se destaca como una herramienta necesaria para garantizar la calidad y conformidad de varios parámetros que cambian constantemente ya sea por factores interno o externos. Un sistema de medición eficaz es garantía de calidad en la producción industrial al medir con precisión crítica para asegurar que los parámetros cumplan con los estándares específicos por lo cual se debe asegurar la confiabilidad del sistema de medición [13].

En áreas reguladas, como la salud, la industria alimentaria y la seguridad, los sistemas de medición son esenciales para asegurar la conformidad con normativas y estándares gubernamentales. En la industria alimentaria, por ejemplo, la precisión en la medición de ingredientes y dosis es crítica para dar seguridad y calidad en los productos de consumo humano. Los sistemas de medición también contribuyen a la optimización de procesos pues la capacidad de medir y monitorear en tiempo real permite identificar áreas de mejora en las cuales se puede minimizar desperdicios y optimizar la utilización de recursos [14].

La eficiencia que traen consigo el monitoreo de variables dentro del proceso también se traduce en la reducción de costos operativos donde la implementación de sistemas de medición precisos resulta en una producción con menor retrabajo y una gestión más efectiva de los recursos al ayudar directamente a la rentabilidad y sostenibilidad de las operaciones. En este contexto la importancia de un sistema de medición no debe ser subestimada ya que se convierte en una columna vertebral de la calidad y del control del proceso de una variedad de industria [15].

3.4. DISEÑO Y ARQUITECTURA DE UNA ESTACIÓN DE MEDICIÓN

El diseño y la arquitectura de una estación de medición dependen en gran medida de los parámetros específicos que se pretenden medir y controlar, así como de los requisitos particulares del lugar de aplicación donde las estaciones de medición de soluciones líquidas incorporan una variedad de componentes como sensores, controladores y medios de transmisión que son clave para almacenar las mediciones y mantener un control eficiente [16].

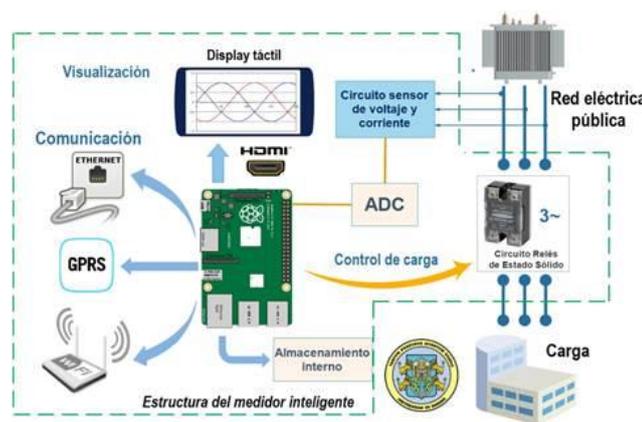


Figura 3.1. Sistema de Medición Inteligente [17].

- **Los Sensores:** son dispositivos especializados que mediante un principio físico o químico puede registrar directa o indirectamente la magnitud que se desea medir, como los

electrodos de pH y conductividad que actúan igual que los ojos y oídos de la estación, detectando las variaciones en las propiedades de las soluciones para luego transmitir los datos mediante señales eléctricas que los convierten en información interpretable para los controladores [18].

- **Los controladores:** Son los cerebros encargados de manejar la información que se recibe y procesarla basándose en algoritmos programados que permiten traducir de las señales eléctricas a magnitudes conocidas además los controladores pueden realizar ajustes automáticos para mantener las condiciones deseadas o accionar señales de respuesta como alarmas o la activación de actuadores en tiempo real para mantener el proceso en forma óptima que reduce la posibilidad de errores humanos [19].
- **Comunicación:** Son dispositivos que toman las señales generadas por los sensores o el mismo controlador y las convierten en formatos que pueden ser interpretados por otros equipos a través de protocolos estandarizados para el envío y recepción de datos ampliando el alcance de los sistemas de control por lo general se seleccionan en base a la distancia de comunicación que se desea cubrir entre dispositivos de campo y los visualizadores de datos [20].
- **Almacenamiento:** Toda estación de medición cuenta con un almacenamiento el cual puede ser local como en el mismo controlados o externo como base de datos en línea que se encargan de respaldar las mediciones obtenidas para su posterior visualización o análisis y se caracterizan por la capacidad de datos que pueden resguardar lo cual debe tomarse en cuenta en el momento de seleccionar cuantos muestreos automáticos almacenaremos en la estación [21].

3.5. AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE SOLUCIONES LIQUIDAS

La automatización del sistema de medición representa un avance significativo al eliminar las necesidades de intervención humana constante en las tareas de medición de los diferentes parámetros de las soluciones líquida que mejora la confiabilidad de los datos al reducir así la posibilidad de errores humanos donde la precisión y consistencia resultante dependerá de la calibración del sensor junto con el mantenimiento y las condiciones ambientales a las que este expuesto [22].

La capacidad de automatizar la medición de soluciones líquidas permite el control en tiempo real de los parámetros críticos como los es el PH y la turbidez en plantas de tratamiento de agua donde los sistemas automatizados pueden ajustar instantáneamente las condiciones de acuerdo con los cambios en la composición para mantener dentro de los límites especificados la calidad del agua brindando un adaptabilidad que facilita la respuesta ágil a cambios en las condiciones del entorno operativo [23].

La automatización mejora la precisión de las mediciones lo que reduce los desperdicios y minimiza la necesidad de supervisión humana a medida que se integra sin esfuerzo con tecnologías emergentes como el Internet de las cosas (IoT) y la inteligencia artificial (IA) donde los sensores conectados pueden transmitir datos en tiempo real a plataformas centralizadas, permitiendo la supervisión remota y el análisis predictivo estando dotados de una capacidad de prever posibles problemas antes de que ocurran [24].

La automatización del sistema de medición para soluciones líquidas marca una fase significativa en la evolución industrial ocasionando mejoras tangibles en términos de eficiencia operativa y la calidad del producto ya que a través de las innovaciones tecnológicas acompañada de un enfoque equilibrado de la intervención humana se revolucionados procesos como el monitoreo ambiental, el tratamiento de agua y las industrias químicas resaltando el poder transformador de la tecnología en la excelencia operativa [25].

3.6. PARÁMETROS DE MEDICIÓN

3.6.1. Potencial de hidrógeno (pH)

El pH, o potencial de hidrógeno, es una medida usada para indicar la acidez o alcalinidad de una solución acuosa que posee una escala numérica de 0 hasta 14, donde un pH de 7 se considera neutro, los valores inferiores indican acidez, y valores superiores señalan alcalinidad esta escala relaciona la concentración de iones de hidrógeno (H^+) en una solución indicando que cada unidad de cambio en el pH representa un cambio de diez veces en la acidez o alcalinidad, La medición de pH es necesaria en campos como la química, la biología, la medicina y la industria ya que las condiciones ácidas o alcalinas pueden influir significativamente en procesos químicos, reacciones enzimáticas y la salud de organismos vivos [26].

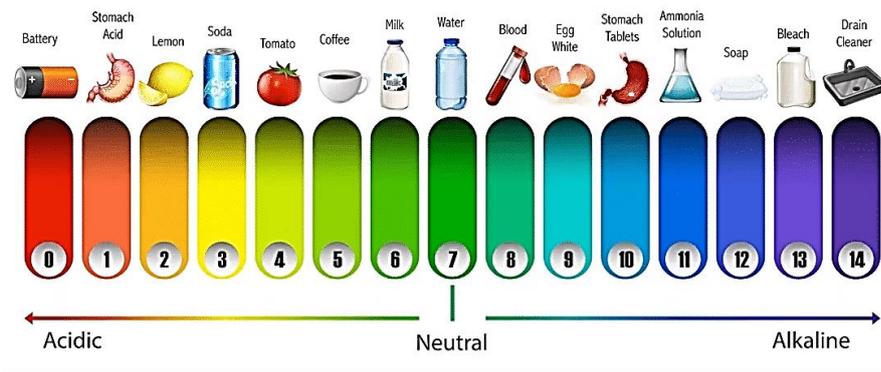


Figura 3.2. Escala de pH [27].

3.6.2. Principio de medición de pH

El pH se determina utilizando un electrodo de vidrio combinado con un electrodo de referencia de plata/cloruro de plata sensible al hidrógeno que genera una señal eléctrica proporcional a la concentración de iones de hidrógeno en la solución que requiere de una calibración del electrodo la cual se realiza comúnmente utilizando soluciones de pH conocido. La medición se basa en el principio de que los iones hidrógeno se mueven a través de una membrana de vidrio por difusión en la cual la membrana de vidrio es selectiva para los iones hidrógeno, lo que permite que los iones hidrógeno pasen a través de ella, pero no otros iones y esto crea un gradiente de potencial eléctrico a través de la membrana finalmente el potencial eléctrico se mide y se transmite como una señal eléctrica [28].



Figura 3.3. Sensor de pH Tipo E-201 [28].

Al medir el pH se debe tomar en cuenta la temperatura, ya que esta puede afectar significativamente los resultados de la medición por lo cual muchos los medidores de pH más

actuales incorporan una compensación de temperatura para corregir posibles desviaciones de la medición. Es importante mantener un equilibrio adecuado de pH pues en contextos, como la agricultura, el tratamiento de aguas y la química llegando a ser necesario para garantizar condiciones óptimas para el crecimiento de cultivos, de condiciones adecuadas para organismos acuáticos y de condiciones propicias de procesos industriales [29].

3.6.3. Temperatura

La temperatura es una medida de la energía cinética promedio de las partículas en un sistema que refleja la rapidez con la que las moléculas se mueven dentro de una sustancia donde su unidad de medida comúnmente utilizada es el grado Celsius ($^{\circ}\text{C}$) en el sistema métrico y el grado Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) en el sistema imperial. La temperatura juega un rol importante en una amplia variedad de procesos y fenómenos físicos, químicos y biológicos pues influye en la velocidad de las reacciones químicas, las propiedades de los materiales y la salud de organismos vivos [30].

La medición precisa de la temperatura se realiza mediante termómetros, termopares u otros dispositivos sensibles al calor entendiendo que teóricamente la temperatura más baja posible, se encuentra a -273.15°C o 0 Kelvin, donde las partículas tienen una energía cinética mínima, mientras que la temperatura ambiente este alrededor de 25°C , usada como una referencia común en muchas aplicaciones [31].

3.6.4. Principio de medición de temperatura

La medición de temperatura por un sensor resistivo (RTD) o termopar se destaca por el uso de un alambre de platino el cual tiene una resistencia eléctrica que varía de manera predecible con la temperatura tomando un valor de 100 ohmios a una temperatura de 0°C y a medida que la temperatura aumenta la resistencia del alambre también aumenta. La relación entre la resistencia del alambre de platino y la temperatura se conoce como la constante de calibración del sensor lo cual debe linealizarse para fijar mediciones estables en el rango de trabajo de la termocupla [32].



Figura 3.4. Sensor QDL80A M1 [32].

3.6.5. Turbidez

La turbidez es una medida que describe la opacidad o claridad de un fluido debido a la presencia de partículas suspendidas en él que pueden ser sedimentos, arcilla, materia orgánica, microorganismos u otros sólidos que dispersan la luz a medida que pasa a través del líquido. La turbidez se expresa en unidades nefelométricas de turbidez (NTU) la cuales se determina midiendo la cantidad de luz dispersada por las partículas en un haz de luz incidente que cuando mayor cantidad de partículas suspendidas existe, mayor será la turbidez y menor la claridad del líquido [33].



Figura 3.5. Turbidez en el Agua [34].

La medición de la turbidez es usada en campos como la gestión del agua, la investigación ambiental y la ingeniería civil en las cuales por ejemplo tener niveles elevados de turbidez pueden indicar la presencia de contaminantes o partículas que podrían afectar la calidad del agua y la eficacia de los procesos de tratamiento. Además, en estudios medioambientales, la turbidez del agua puede ser un indicador de la salud de los ecosistemas acuáticos, ya que puede

afectar la penetración de la luz, la temperatura del agua y la vida marina siendo necesaria la monitorización y control de la turbidez [35].

3.6.6. Principio de medición de Turbidez

Para la medición de la turbidez se emplea sensores ópticos que se utiliza para medir la cantidad de partículas suspendidas en un líquido lo cual se logra a través de un emisor de luz y un receptor que permite determinar cuántos fotones de luz atravesaron la muestra. En general estos sensores cuentan con una sonda y un módulo de sensor donde la sonda es la parte que se coloca en el líquido que se desea analizar y el módulo de sensor contiene la electrónica que convierte la señal óptica en una señal eléctrica que permite un rango de medición de 0 a 1000 NTU [36].



Figura 3.6. Sensor de turbidez TSW-30 [36].

3.7. SOLUCIONES LIQUIDAS

Las soluciones líquidas constituyen un elemento cotidiano de nuestra vida que puede llegar a tomar roles importantes en campos como la medicina hasta la industria alimentaria y la química, resaltando que el uso de mezclas homogéneas de sustancias, donde un componente (soluto) se disuelve en otro (solvente) son muy utilizadas en la industria. Un ejemplo que común en el ámbito médico son las soluciones salinas compuestas principalmente de agua y sales minerales que se utiliza para la rehidratación y reposición de electrolitos en casos de deshidratación o pérdida de sales esenciales [37].

En la industria alimentaria, las soluciones líquidas como jarabes, salsas, aderezos y bebidas forman la base de numerosos productos consumibles donde estas soluciones líquidas proporcionan el medio para disolver azúcares y sabores necesitando manejar la medición precisa para ajustar la dulzura y acidez con el fin de satisfacer los gustos del consumidor. En el

ámbito químico e industrial, las soluciones líquidas ácidas y básicas son muy utilizadas para ajustar el pH de diversas sustancias, además la disolución y separación de compuestos por solventes como ejemplo en la extracción de aceites esenciales que son muy requeridos en la industria [38].

En este contexto, las soluciones líquidas son omnipresentes y desempeñan un papel importante en campos como la medicina, industria alimentaria y procesos químicos e industriales sobresaliendo por su versatilidad y capacidad para adaptarse a una variedad de contextos en los cuales conocer sus parámetros de pH, temperatura, turbidez o niveles de compuestos se convierte en una herramienta de trabajo necesaria pues de ellos dependerá que su uso sea adecuado [39].

3.7.1. Agua

El agua, sustancia esencial para la vida en la Tierra por lo cual la monitorización y control de sus parámetros físicos y químicos se ha vuelto una necesidad para asegurar sus propiedades y así garantizar que los seres vivos no se verán afectados por contaminantes que esta puede llegar a albergar, ya que es vital para el mantenimiento de condiciones propicias para la vida de todo el planeta. Un análisis y control del agua de consumo humano es crítico para resguardar la salud de las personas en especial en zonas donde la calidad del agua depende directamente de las plantas de tratamiento volviéndose esencial para la supervivencia de las comunidades con limitado acceso al recurso hídrico [40].

3.7.2. Líquidos refrigerantes

Los líquidos refrigerantes de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado son muy relevantes en las industrias, así como en la vida cotidiana por lo que necesitan cumplir con estándares para permitir cumplir con su eficacia y rendimiento donde la medición de sus parámetros como la temperatura a la cual el líquido refrigerante se convierte en vapor a presión atmosférica se usa como dato para el diseño del ciclo de refrigeración. Además, la capacidad calorífica específica y la conductividad térmica permite determinar la cantidad de calor que el refrigerante puede absorber o liberar por unidad de masa, mientras que la conductividad térmica influye en su eficacia para transferir calor a través del sistema, afectando la eficiencia general del ciclo de refrigeración [41].

3.7.3. Soluciones químicas

Las soluciones químicas generalmente compuestas por solutos y solventes, exhiben una variedad de parámetros que dan su comportamiento y propiedades indicando que el medir la concentración de en una cantidad específica de solvente es muy importante pues afecta directamente las propiedades coligativas, como el punto de congelación, el punto de ebullición y la presión osmótica. Además, otros parámetros como la temperatura y la presión se deben tomar en consideración en el proceso de los químicos y la predicción de la formación de precipitados en una solución [42].

3.8. CONTROLADOR ESP32

El Internet de las Cosas (IoT) ha emergido como una revolución tecnológica que conecta dispositivos físicos a través de la red, permitiendo la recopilación y el intercambio de datos de manera eficiente en la cual el uso del controlador ESP32 ha ganado popularidad debido a su versatilidad y rendimiento, al ser un microcontrolador de bajo costo que combina Wi-Fi y Bluetooth en un solo chip que permite una conectividad dual de bajo consumo de Energía crucial para dispositivos IoT alimentados por batería [43].

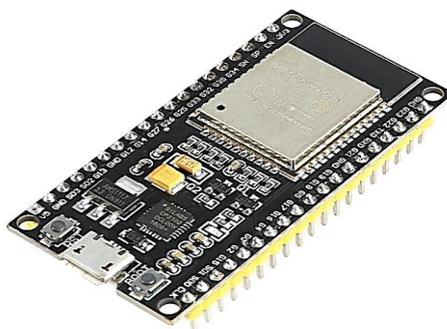


Figura 3.7. ESP-32 [44].

El controlador ESP32 cuenta con un procesamiento potente gracias a un procesador de doble núcleo y una unidad de procesamiento digital de señales (DSP) que es capaz de manejar tareas complejas y procesar datos en tiempo real donde la amplia variedad de periféricos facilita la integración con diferentes sensores y actuadores. Además, al disponer de un código abierto con un entorno de desarrollo basado en el popular lenguaje de programación Arduino, el ESP32 facilita la creación rápida de prototipos y el desarrollo de aplicaciones [44].

El controlador ESP32 ha demostrado ser una herramienta poderosa en el desarrollo de soluciones IoT, proporcionando conectividad robusta, procesamiento eficiente y flexibilidad en el diseño. Su versatilidad lo convierte en una elección destacada para una amplia gama de aplicaciones, desde proyectos simples de domótica hasta sistemas IoT complejos y escalables. A medida que la IoT continúa evolucionando, el ESP32 seguirá desempeñando un papel significativo en la materialización de ideas innovadoras y la creación de un mundo más conectado [44].

3.8.1. Aplicaciones Prácticas:

- **Monitoreo Ambiental:** El ESP32 se puede utilizar para diseñar dispositivos de monitoreo ambiental que midan la calidad del aire, la humedad y la temperatura, transmitiendo los datos a una plataforma en la nube [21].
- **Sistemas de Control Remoto:** Al aprovechar la conectividad Bluetooth, el ESP32 es ideal para crear sistemas de control remoto que permitan la gestión de dispositivos electrónicos desde un smartphone o tablet [15].
- **Agricultura Inteligente:** En el ámbito agrícola, el ESP32 puede implementarse para recopilar datos de sensores de suelo, clima y humedad, proporcionando información en tiempo real para optimizar la gestión agrícola [21].
- **Seguimiento y Localización:** Integrando módulos GPS con el ESP32, es posible desarrollar dispositivos de seguimiento y localización para vehículos, animales o incluso objetos valiosos [20].

3.9. FUENTE REGULABLE DC/DC LM2596

El regulador de voltaje LM2596 es un componente electrónico de precisión y alto rendimiento que cumple su función en sistemas de conversión de energía. Su tarea principal es convertir la corriente de la fuente de entrada en un voltaje de salida estable mediante tecnología de conmutación. Esta estrategia reduce el consumo de energía en comparación con los reguladores lineales tradicionales [45].

El propósito básico del regulador de voltaje LM2596 es reducir el voltaje de entrada a un cierto nivel y al mismo tiempo proporcionar una regulación estable y precisa. Su versatilidad queda demostrada por su capacidad para operar en una variedad de voltajes de entrada y salida, y para entregar múltiples amperios de corriente, según la configuración del circuito y el diseño que

implemente. Este componente se puede utilizar en una variedad de aplicaciones, incluidas fuentes de alimentación conmutadas, cargadores de baterías, inversores solares, sistemas de iluminación LED y controladores de motores. Su eficiencia y confiabilidad lo convierten en una parte esencial de muchos sistemas electrónicos modernos [45].



Figura 3.8. LM2596 [45].

3.10. SOFTWARE PROTEUS DESIGN SUITE

Proteus es una herramienta esencial en ingeniería eléctrica y electrónica porque proporciona un entorno virtual completo para diseñar y modelar circuitos electrónicos de manera precisa y eficiente. Una de sus características clave es la capacidad de simular el comportamiento de un circuito antes de construirlo físicamente, lo que permite a los ingenieros y diseñadores detectar problemas potenciales, optimizar el rendimiento y reducir los costos asociados con la creación de prototipos físicos [46].

Las simulaciones de circuitos en Proteus van desde componentes simples como resistencias y condensadores hasta dispositivos más complejos como microcontroladores y circuitos integrados. Los usuarios pueden diseñar esquemas eléctricos detallados utilizando una extensa biblioteca de componentes pedidos por adelantado o crear sus propios componentes personalizados. Además, Proteus puede animar y analizar el comportamiento del circuito sobre la marcha, lo que facilita la comprensión operativa y los posibles problemas de diseño.

Otra característica clave del Proteus es el diseño de la placa de circuito impreso (PCB). Los usuarios pueden transferir fácilmente diseños esquemáticos a diseños de PCB, colocar y enrutar componentes en la placa virtual. Proteus proporciona herramientas intuitivas para enrutamiento automatizado, verificación de reglas de diseño y generación de archivos de producción para la producción física de PCB [46].

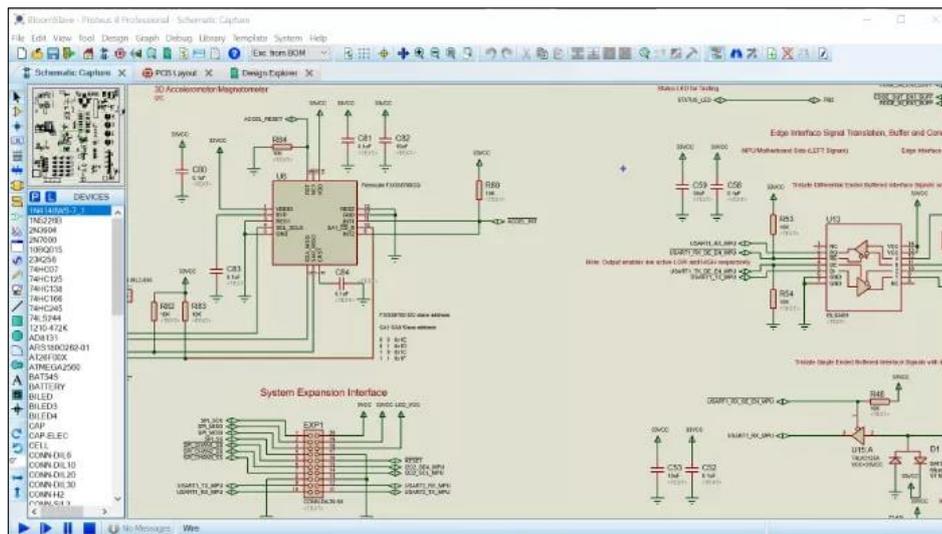


Figura 3.9. Proteus Interfaz [46].

3.11. SOFTWARE ARDUINO

Arduino es una plataforma electrónica que simplifica la creación de proyectos interactivos. Su placa y software permiten leer datos de sensores y controlar actuadores, programando respuestas específicas. Gracias a su naturaleza de código abierto, es fácil de usar, ideal para principiantes en electrónica y programación, y tiene infinitas posibilidades para crear dispositivos inteligentes y conectados [47].

Las placas Arduino son económicas y su software es compatible con una variedad de sistemas operativos. Su entorno de programación es sencillo para principiantes, pero lo suficientemente flexible para usuarios avanzados. Basado en Processing, es conveniente para profesores y estudiantes que ya conocen el entorno. El software Arduino es de código abierto y extensible, lo que permite a los programadores ampliarlo utilizando bibliotecas C++ o incluso profundizar en el lenguaje C AVR subyacente. Esto permite que el código AVR-C se incruste directamente en un programa Arduino si se requiere [47].

Arduino ha sido fundamental en la popularización del movimiento de código abierto en el ámbito de la electrónica. La mayoría del hardware y software de Arduino se distribuye bajo licencias de código abierto, lo que significa que cualquiera puede acceder al diseño y modificarlo según sus necesidades. Esto ha permitido una rápida iteración y personalización de la plataforma, así como la creación de numerosos clones y variantes que amplían su alcance y versatilidad [47].

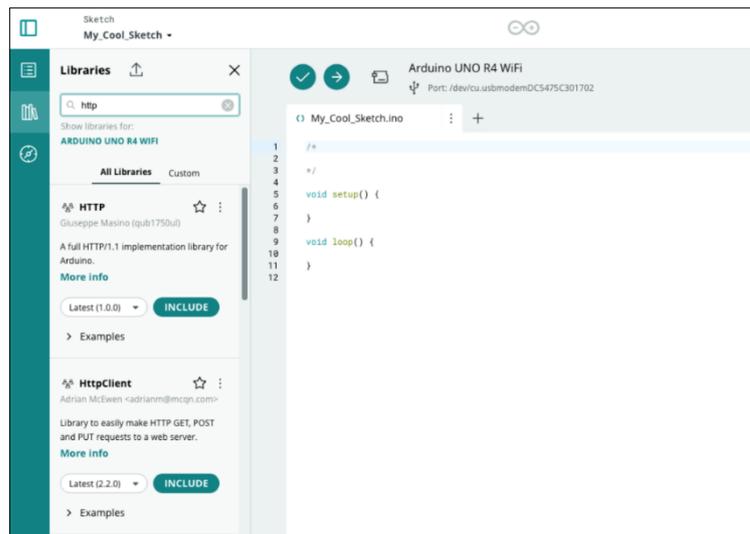


Figura 3.10. Arduino Interfaz [47].

3.12. SOFTWARE LABVIEW

La ingeniería moderna se enfrenta constantemente al desafío de integrar sistemas complejos y gestionar datos en tiempo real. En este contexto, el software LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) se ha destacado como una herramienta innovadora que brinda a los ingenieros y científicos una plataforma versátil y poderosa para el diseño, la implementación y la gestión de sistemas de control y adquisición de datos. A continuación, exploraremos las características clave de LabVIEW, sus aplicaciones prácticas y su papel crucial en la automatización y el control [48].

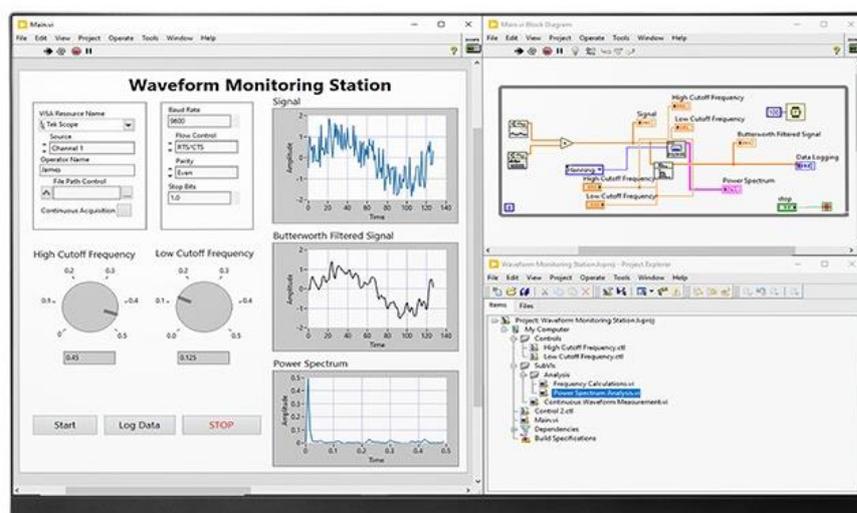


Figura 3.11. LabVIEW Interfaz [48].

LabVIEW ha transformado la forma en que los ingenieros abordan la automatización y el control en una amplia variedad de industrias al brindar un enfoque gráfico que facilita la integración con hardware diverso y su capacidad de adaptabilidad que lo convierten en una herramienta esencial de aquellos que buscan soluciones innovadoras y eficientes en el ámbito de la instrumentación virtual y la automatización [48].

3.12.1. Características

- **Programación Gráfica:** LabVIEW utiliza una programación gráfica, donde los programas se desarrollan visualmente mediante la conexión de bloques de funciones llamados "vi" (Virtual Instruments) que permite un enfoque intuitivo para la creación rápida de aplicaciones y permite a los ingenieros concentrarse en la lógica del sistema en lugar de la sintaxis del código [48].
- **Amplia Biblioteca de Funciones:** LabVIEW ofrece una extensa biblioteca de funciones para el procesamiento de señales, análisis de datos y control de instrumentos dotando a los usuarios de recursos para aprovechar soluciones predefinidas y acelerar el desarrollo de sus aplicaciones [48].
- **Interfaz de Usuario Personalizable:** La capacidad de crear interfaces de usuario personalizadas y atractivas facilita la visualización de datos, el control de sistemas, mejorando la creación de experiencias de usuario adaptadas a las necesidades específicas de cada aplicación [48].
- **Conectividad de Hardware Universal:** LabVIEW proporciona control directo sobre una amplia gama de hardware, desde dispositivos de adquisición de datos y sensores hasta actuadores o sistemas embebidos destacando la capacidad para integrarse con hardware de diferentes fabricantes por lo cual es una herramienta versátil y compatible [48].

3.12.2. Aplicaciones

- **Automatización Industrial:** LabVIEW se utiliza extensamente en entornos industriales para la automatización de procesos, el monitoreo de maquinaria y la adquisición de datos en tiempo real donde su programación gráfica simplifica la implementación de algoritmos de control complejos [49].
- **Investigación Científica:** En el ámbito de la investigación, LabVIEW es una opción preferida para experimentos y pruebas de laboratorio ya que permite a los científicos crear

rápidamente sistemas de medición y control personalizados sin la necesidad de ser expertos en programación [49].

- **Telecomunicaciones y Sistemas Embebidos:** LabVIEW se utiliza en la implementación de sistemas embebidos y en proyectos de telecomunicaciones por su capacidad para trabajar con hardware en tiempo real y su flexibilidad para el desarrollo de sistemas complejos y de alta velocidad [49].

3.13. DESAFÍOS Y CONSIDERACIONES

Las estaciones de medición de soluciones líquidas están diseñadas para medir con precisión propiedades como la concentración, pH o turbidez de las soluciones líquidas, sin embargo enfrentan una serie de desafíos y consideraciones técnicas como la precisión de las mediciones que es esencial en las estaciones de medición pues la variabilidad en la precisión de los datos puede llevar a arrojar datos incongruentes con la composición de la soluciones dando necesidad de tomar múltiples mediciones en tiempo real que requieren tecnologías de sensores avanzadas y algoritmos de procesamiento de señales precisos [50].

Por otra parte, la calibración regular de los sensores para mantener la precisión de las mediciones a lo largo del tiempo genera que se busque un diseño de sistemas automáticos de calibración para facilitar de mantenimiento críticos que garantice un rendimiento consistente. Además, las soluciones líquidas pueden tener propiedades corrosivas o reactivas que plantea desafíos en la selección de materiales para componentes expuestos al líquido ocasionando que se deba buscar sensores y elementos con una resistencia química considerada cuidadosamente para evitar la degradación y el deterioro [51].

Las condiciones ambientales, como variaciones de temperatura y presión, pueden afectar las propiedades físicas y químicas de las soluciones líquidas siendo un factor más de los sistemas de medición pues deben ser capaces de operar de manera confiable en una amplia gama de condiciones ambientales considerando también el manejo de múltiples soluciones donde debe evitarse la posibilidad de contaminación cruzada siendo recomendable optar por un limpieza automática para prevenir la contaminación y asegurar mediciones precisas [52].

La integración de tecnologías de automatización y el Internet de las Cosas (IoT) puede mejorar la eficiencia y la monitorización remota de las estaciones de medición. Sin embargo, plantea desafíos relacionados con la ciberseguridad y la interoperabilidad de sistemas donde el manejo

de datos se convierte en un desafío para la implementación de sistemas de almacenamiento y análisis de datos que tratan de aprovechar al máximo la información recopilada [43].

Las estaciones de medición de líquidos empleadas en sectores como la industria farmacéutica, alimentaria y otros campos regulados deben cumplir con regulaciones rigurosas. Es esencial que todos sus componentes cuenten con certificaciones apropiadas para asegurar el cumplimiento de estas normativas y para rastrear con precisión las mediciones realizadas. Dado que estas mediciones a menudo involucran datos sensibles, es importante abordar cuestiones éticas relacionadas con la seguridad y el manejo responsable de la información.

4. METODOLOGÍA

4.1. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

4.1.1. Método Analítico

El método analítico se manejó para un estudio detallado de los principios teóricos detrás de la medición de pH, temperatura y turbidez, así como la evaluación crítica de las tecnologías y algoritmos utilizados en la estación propuesta. La investigación analítica se enfocará en comprender cómo cada componente contribuye al rendimiento general del sistema, identificando fortalezas y posibles limitaciones.

4.1.2. Método Descriptivo

El método descriptivo se empleó para proporcionar una visión detallada y clara de la estación de medición y su implementación en soluciones líquidas. Esto incluyó una descripción completa del diseño del sistema, la disposición de los sensores, la interfaz de usuario y el software LabVIEW. Además, se describieron los procedimientos experimentales utilizados para validar la estación, destacando las condiciones específicas de las soluciones líquidas consideradas.

4.1.3. Método de Medición

Este método se utilizó para la recopilación de datos cuantitativos relacionados con el desempeño de la estación de medición. Se utilizaron instrumentos de medición certificados para establecer una Inter comparación con los módulos desarrollados para la precisión y confiabilidad de la estación. La variación en las mediciones se registraría y se analizaría

estadísticamente para evaluar la consistencia y exactitud de la estación en diferentes contextos. Se llevaron a cabo mediciones sistemáticas de pH, temperatura y turbidez en diversas soluciones líquidas y, posteriormente, en situaciones de aplicación práctica.

4.2. TIPOS INVESTIGACIÓN

4.2.1. Investigación Documental

La investigación documental se llevó a cabo para la revisión de documentos técnicos, informes y artículos relacionados con la medición de pH, temperatura y turbidez en soluciones líquidas, donde se extrajo información clave para contribuir al diseño y desarrollo de la estación.

4.2.2. Investigación Experimental

Este tipo de investigación ayudo a manipular la variable independiente sobre las dependientes en otras palabras la confiabilidad de la estación de medición en diferentes soluciones líquidas en donde se manipulo los parámetros como la concentración, temperatura y turbidez para obtener datos significativos.

4.2.3. Investigación de Caso

Esta investigación consistió en la selección de casos específicos de aplicación para la estación de medición en diferentes contextos de soluciones líquidas con el fin de determinar el análisis de cómo el sistema se adapta y resuelve desafíos particulares en cada caso.

4.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTACIÓN

Una vez realizada la Inter comparación con los sensores certificados con los módulos desarrollados para la estación de medición se logró realizar la calibración adecuada para obtener rangos de medición aceptables para distintas soluciones líquidas para las distintas prácticas a realizarse.

4.3.1. Proteus

En el software Proteus se realizaron los distintos circuitos para cada caso con fin de entender y poder visualizar gráficamente las distintas conexiones entre los componentes electrónicos y su funcionamiento, sobre todo para corregir fallas en los circuitos.

4.3.2. Arduino

A través de este programa se realizó la interpretación de la estabilización de la medición de datos de los sensores que emiten señales de voltajes al medir una sustancia determinada para luego a través de un proceso de conversión se logren visualizar en el sistema y observar su comportamiento de estabilización.

4.3.3. LabVIEW

Este software permite la visualización de cómo se comporta la medición de las soluciones líquidas para obtener una variación en la medición de los datos con una determinada sustancia en el tiempo como es el caso de la temperatura o a su vez como estos parámetros varían respecto a otra sustancia medida.

4.4. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

Para la implementación del sistema de medición se toman en cuenta los siguientes aspectos para su construcción y correcto funcionamiento.

4.4.1. Sensores

pH: Para determinar los niveles de pH de diferentes soluciones líquidas en prácticas, se empleó el sensor de pH Tipo E-201. Este sensor es una herramienta diseñada para medir con precisión el pH de una solución y funciona mediante la detección de la actividad de los iones de hidrógeno en la muestra líquida y convierte esta información en una lectura numérica que representa el pH.

De acuerdo a la Figura 4.1 se puede apreciar el circuito de conexión con el sensor de pH, donde este de igual manera consta de una resistencia de 1k para reducir el nivel de tensión de 12V DC a 5V DC, consiguientemente actúa la resistencia variable para reducir finalmente el voltaje a 3,3V DC y por último el sensor LM358 actúa como un elemento auxiliar para amplificar el voltaje en determinados casos.

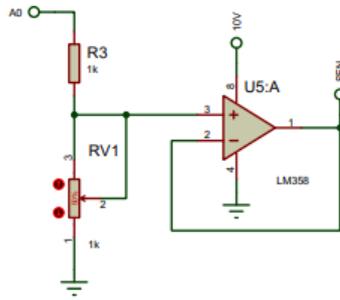


Figura 4.1. Circuito de conexión con el sensor de pH.

En la Tabla 4.1 se muestran las distintas características de sensor de pH tipo E-201:

Tabla 4.1. Características técnicas del sensor de pH Tipo E-201 [28].

Características	Parámetros
Sensibilidad	0,01 pH/mV
Exactitud	±0,2 pH
Rango	0,00 a 14,00 pH
Precisión	±0,2 pH

Temperatura: Para llevar a cabo la medición de la temperatura en prácticas, se optó por emplear un sensor de temperatura tipo QDL80A PT100. El sensor de temperatura QDL80A PT100 se basa en el principio de la resistencia de platino, donde la resistencia eléctrica de un elemento de platino varía de manera lineal con la temperatura.

En la Figura 4.2 se representa el circuito de conexión con el sensor de temperatura, el cual pasa a través de un divisor de voltaje que consta de una resistencia fija de 1k y una resistencia variable para reducir el voltaje de entrada y fijarlo en 3,3V DC y de esta manera energizar el resto del circuito, además el circuito integrado LM358 es un amplificador de voltaje auxiliar.

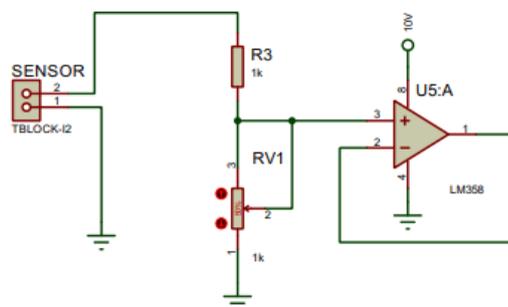


Figura 4.2. Circuito de conexión con el sensor de temperatura.

En la Tabla 4.2 se presentan las distintas características del sensor de temperatura QDL80A PT100:

Tabla 4.2. Características técnicas del sensor QDL80A PT100 [32].

Características	Parámetros
Sensibilidad	0,01 °C/mA
Exactitud	±0,1 °C
Rango	-50 °C a 200 °C
Precisión	±0,05 °C

Turbidez: Para llevar a cabo la medición de la turbidez en distintas prácticas, se tomó la decisión de utilizar un sensor de turbidez tipo TSW-30. Este sensor está especialmente diseñado para medir la turbidez en líquidos, ofreciendo una forma rápida y precisa de evaluar la cantidad de partículas en suspensión. El sensor de turbidez TSW-30 funciona emitiendo luz hacia la muestra líquida y midiendo la cantidad de luz dispersada o absorbida por las partículas en suspensión.

Según se muestra en la Figura 4.3, el circuito de conexión con el sensor de turbidez incluye una resistencia de 1k que reduce la tensión de entrada a través de una resistencia de 1k para luego pasar por una resistencia variable ajusta el voltaje finalmente a 3,3V DC. Por último, se cuenta con un circuito integrado el LM358, el cual amplifica el voltaje en ciertos escenarios, cumpliendo una función adicional en el circuito.

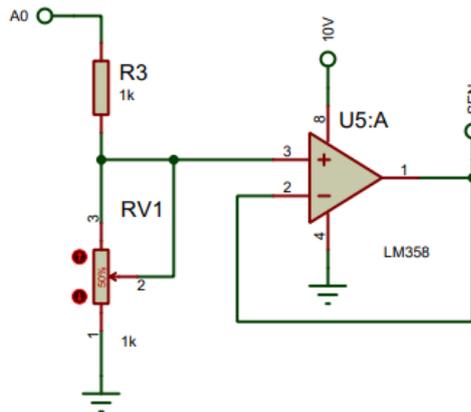


Figura 4.3. Circuito de conexión con el sensor de turbidez.

En la Tabla 4.3 se presentan las distintas características de este sensor de turbidez

Tabla 4.3. Características técnicas del sensor de turbidez TSW-30 [36].

Características	Parámetros
Sensibilidad	0,01 NTU/mV
Exactitud	±20 NTU
Rango	0 a 1000 NTU
Precisión	±10 NTU

4.4.2. Fuente de alimentación

La fuente de alimentación para cada módulo se energiza con una alimentación de 24V en DC desde el módulo principal en el cual se encuentra una fuente de transformación de 220-110V AC a 24V DC el mismo que alimenta al módulo ESP 32 receptor de datos, y a través de unos bornes de salida alimenta indistintamente a los demás módulos.

El circuito de alimentación para para modulo se puede observar en la Figura 4.4 donde este se energiza con un voltaje de entrada de 24V DC y pasa por un puente de diodos esto en caso de que energice de manera inversa la alimentación del circuito en si es un sistema de protección del circuito, finalmente pasa por el circuito integrado LM2596 el cual rectifica el voltaje a 5V DC requeridos para alimentar los demás componentes del circuito. Tanto el módulo principal como el de pH y turbidez comparten el mismo circuito de alimentación.

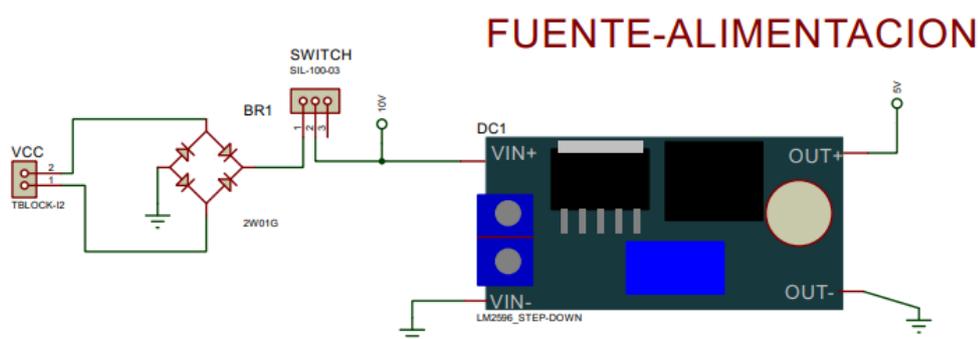


Figura 4.4. Circuito de alimentación para el módulo principal, pH y turbidez.

En el exclusivo caso del sensor de temperatura este se energiza a través de unos bornes de salida de voltaje de 10V DC para alimentar el sensor y emitir la señal de medición del mismo como se puede apreciar en la Figura 4.5.

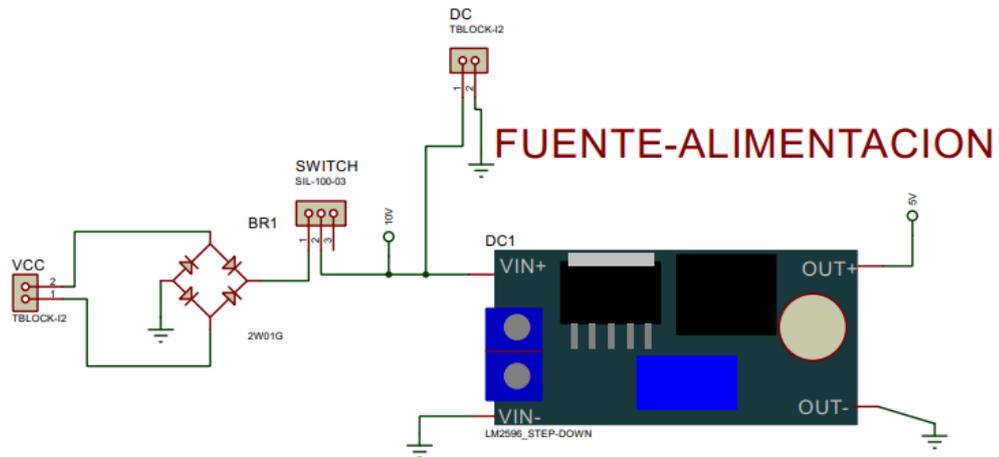


Figura 4.5. Circuito de alimentación del sensor de temperatura.

4.4.3. Circuito electrónico general de los diferentes módulos

El circuito electrónico del módulo principal, pH, temperatura, y turbidez se encuentran compuestos generalmente por los siguientes elementos: elementos de conexión con el sensor de pH, fuente de alimentación, bornes de conexión con la pantalla oled y pines de conexión con el ESP32.

A continuación, se muestran en las distintas figuras los componentes generales y los pines de conexión del diseño total del circuito para cada módulo.

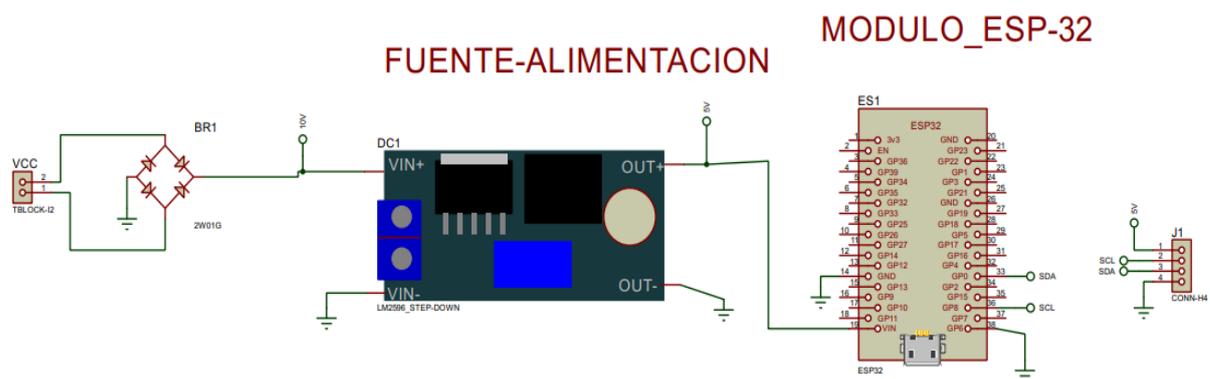


Figura 4.6. Componentes generales del circuito del módulo principal.

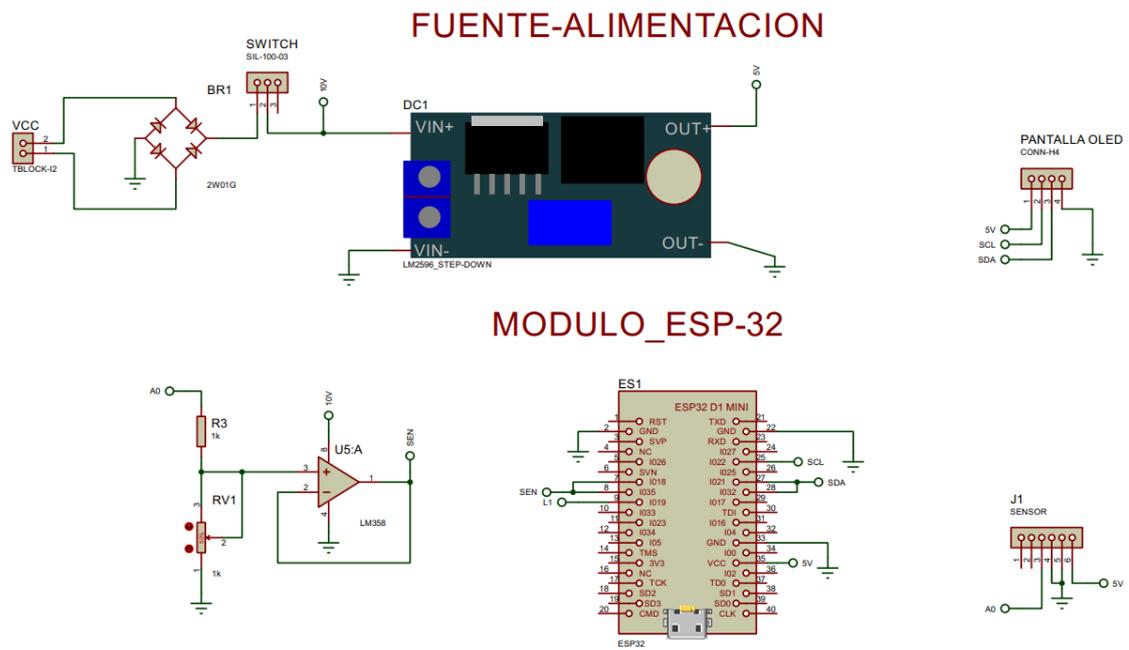


Figura 4.7. Componentes generales del circuito del módulo de pH.

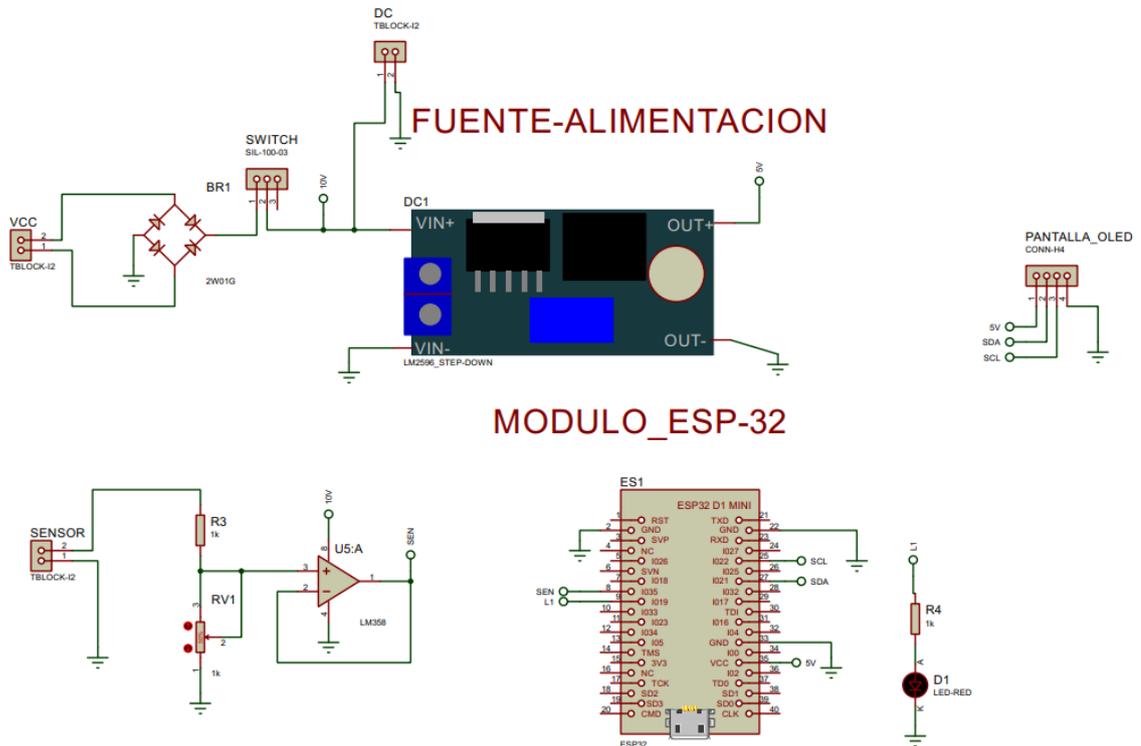


Figura 4.8. Componentes generales del circuito del módulo de temperatura.

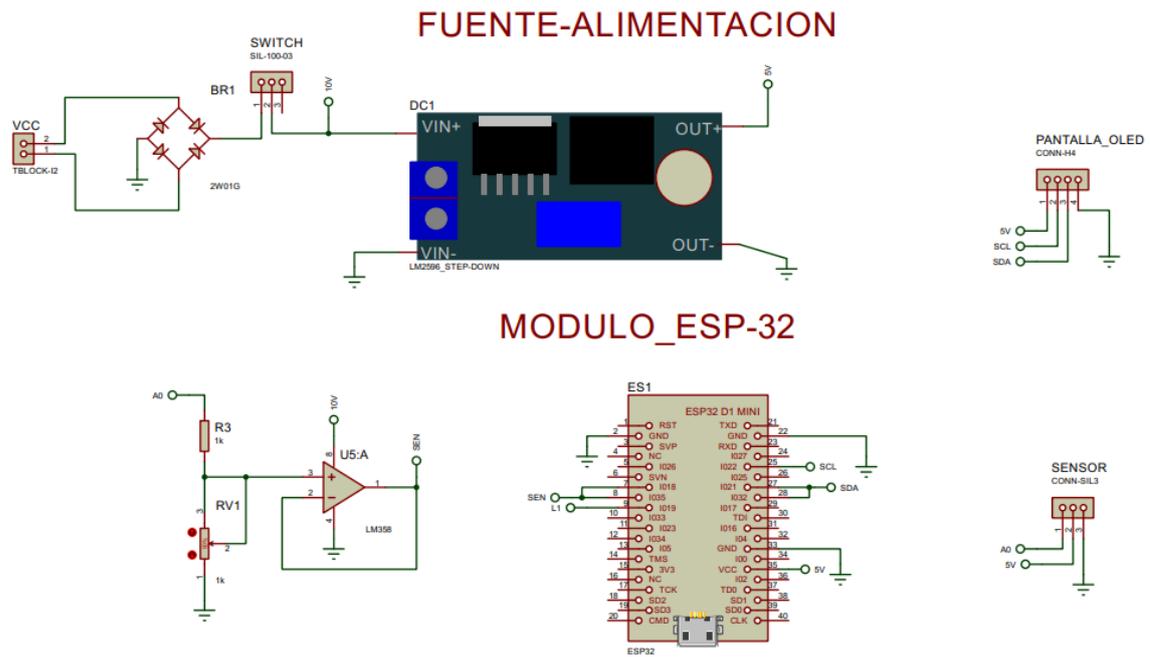


Figura 4.9. Componentes generales del circuito del módulo de turbidez.

4.4.4. Conexión de los elementos del circuito general de los distintos módulos

El circuito general de los módulos de los sensores funciona de la siguiente manera: en primer lugar, se energiza el circuito con una entrada de 24V DC, que luego se regula a 5V DC utilizando el LM2596. Por otro lado, los bornes del respectivo sensor se alimentan con una entrada de 5V DC y envían la señal de muestra al divisor de voltaje y al amplificador de voltaje LM358. Luego, estas señales las recibe el módulo ESP32, que a su vez envía los datos a la pantalla OLED para visualizar el resultado. Además, se envía la información al receptor ESP32 del respectivo módulo a través de una comunicación WiFi al módulo principal, permitiendo así la visualización del comportamiento de la medición en la interfaz de LabVIEW en un ordenador. En la Tabla 4.4. Pines de conexión del módulo de pH. se muestran los pines de conexión general del módulo de pH.

Tabla 4.4. Pines de conexión del módulo de pH.

Pin del sensor de pH	Pin del LM358
3	3
Pin del LM358	Pin del controlador ESP32
1	8
Pines del controlador ESP32	Pines pantalla oled
25	2
27	3

En la Tabla 4.5. Pines de conexión del módulo de temperatura. se muestran los pines de conexión general del módulo de temperatura.

Tabla 4.5. Pines de conexión del módulo de temperatura.

Pin del sensor de temperatura	Pin del LM358
2	3
Pin del LM358	Pin del controlador ESP32
1	8
Pines del controlador ESP32	Pines pantalla oled
25	3
27	2

En la Tabla 4.6. Pines de conexión del módulo de turbidez. se muestran los pines de conexión general del módulo de turbidez.

Tabla 4.6. Pines de conexión del módulo de turbidez.

Pin de salida del sensor turbidez	Pin del LM358
1	3
Pin del LM358	Pin del controlador ESP32
1	8
Pines del controlador ESP32	Pines pantalla oled
25	2
27	3

Por último, se muestra un esquema general de la conexión de los elementos principales que componen la estación de medición como se evidencia en la Figura 4.10.

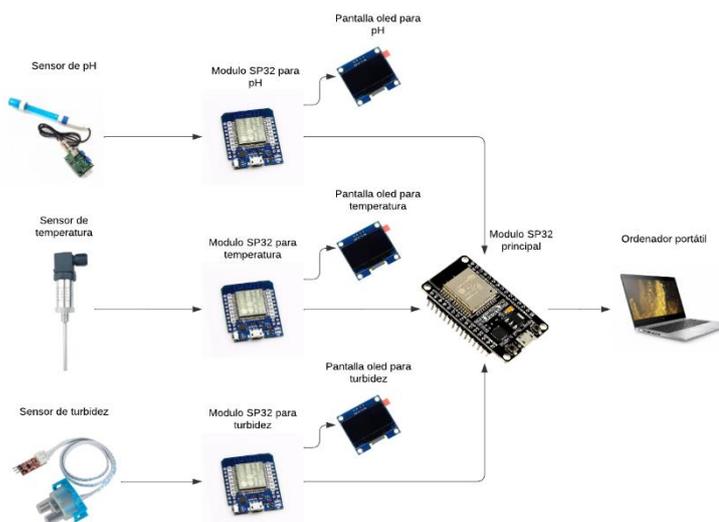


Figura 4.10. Esquema gráfico general de la estación de medición.

4.4.5. Cajas de PVC

El circuito electrónico general de cada módulo se ubicó dentro de cajas PVC de 15,5x9,5cm de alto y ancho respectivamente y 5,5cm de profundidad, y para el módulo principal se ubicó el circuito general y la fuente de transformación dentro de una caja de plástico de 11x20 cm y 6,5cm de profundidad, ya que estas cajas son robustas y de fácil utilización. En la mismas se realizaron cortes exactos para la entrada de energización de los módulos y otra entrada para la entrada de la conexión de los sensores a las placas. Esta caja de puede observar en la siguiente en la Figura 4.11 y Figura 4.12 respectivamente.

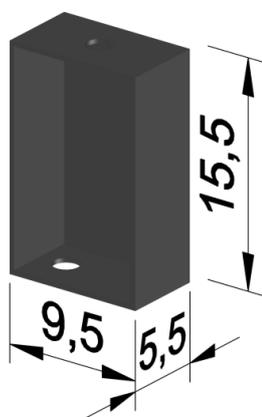


Figura 4.11. Vista lateral derecha de la caja PVC para los módulos de los sensores.

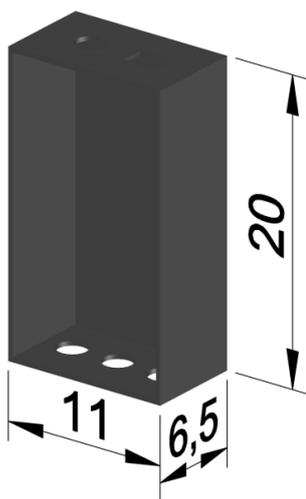


Figura 4.12. Vista lateral derecha de la caja PVC para el módulo principal.

Seguidamente se muestra en la Figura 4.13 la ubicación de los circuitos electrónicos generales en las cajas de PVC. Los diseños de la PCB de cada módulo se encuentran en el ANEXO H.

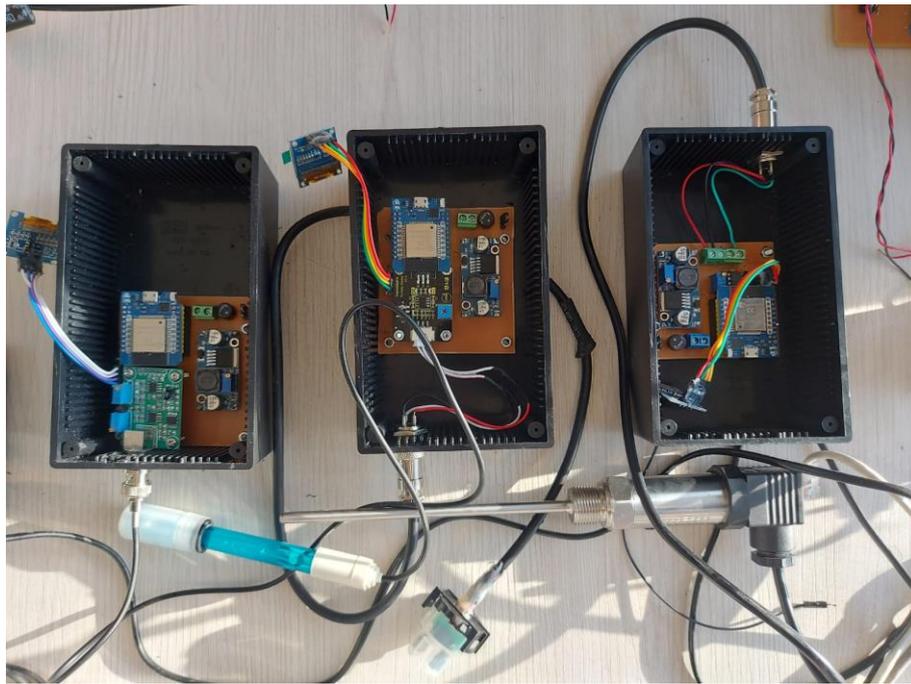


Figura 4.13. Conexión de los elementos en la PCB de los diferentes módulos.

4.5. CALIBRACIÓN DE LOS MÓDULOS

La calibración de los módulos se los realizo mediante ecuaciones que se fueron ubicando en el código de arduino esto se lo realizo mediante una Inter comparación de resultados entre los módulos desarrollados con equipos certificados de la marca METTLER TOLEDO, HANNA y HACH para medir sustancias liquidas de pH, temperatura y turbidez respectivamente.

4.5.1. Datos obtenidos del módulo de pH

En la Tabla 4.7 se exponen los valores medidos a través del módulo de pH en señales de voltaje y los valores medidos de pH del instrumento certificado METTLER TOLEDO para tres sustancias liquidas con el fin de determinar una ecuación viable para ajustar adecuadamente la medición de la señal de sensor de pH.

Tabla 4.7. Datos para la calibración del módulo de pH.

Muestra	Modulo construido de pH (V)	Equipo METTLER TOLEDO (pH)
Limón	2,41	2,13
Seven UP	2,07	3,34
Guitig	1,73	5,82
Agua Dasani	1,63	6,68
Agua Cielo	1,62	6,72
Cloro	1,07	12,66

Seguidamente se tiene obtiene la ecuación de segundo grado generado a partir de los datos obtenidos, esta ecuación se puede observar a la vez con la representación gráfica de los mismos datos en la Figura 4.14.

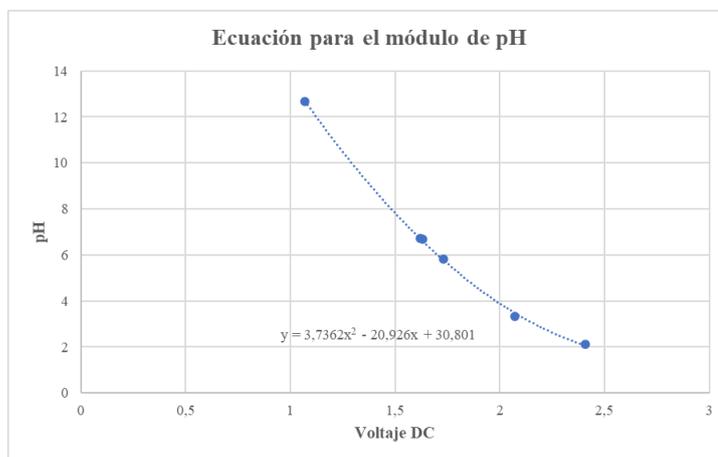


Figura 4.14. Gráfica de ecuación para calibrar el módulo de pH.

4.5.2. Datos obtenidos del módulo de temperatura

La Tabla 4.8 muestra los valores de voltaje medidos por el módulo de temperatura y los valores en grados centígrados medidos por el instrumento certificado HANNA. El propósito de estas medidas es establecer una ecuación precisa que permita ajustar correctamente las mediciones del módulo de temperatura.

Tabla 4.8. Datos para la calibración del módulo de temperatura.

Muestra	Modulo construido de temperatura (V)	Equipo HANNA (°C)
1	0,83	19,00
2	0,84	19,20
3	0,85	19,40
4	0,86	19,60
5	0,87	19,80
6	0,88	20,00
7	0,89	20,20
8	0,9	20,40
9	0,91	20,60
10	0,92	20,80
11	0,93	21,00
12	0,94	21,20
13	0,95	21,40
14	0,96	21,60
15	0,97	21,80
16	0,98	22,00

Posteriormente se determinó la ecuación que calibra este módulo a través de los datos obtenidos esta ecuación y esto se puede observar conjuntamente con la gráfica de los datos obtenidos en la Figura 4.15.

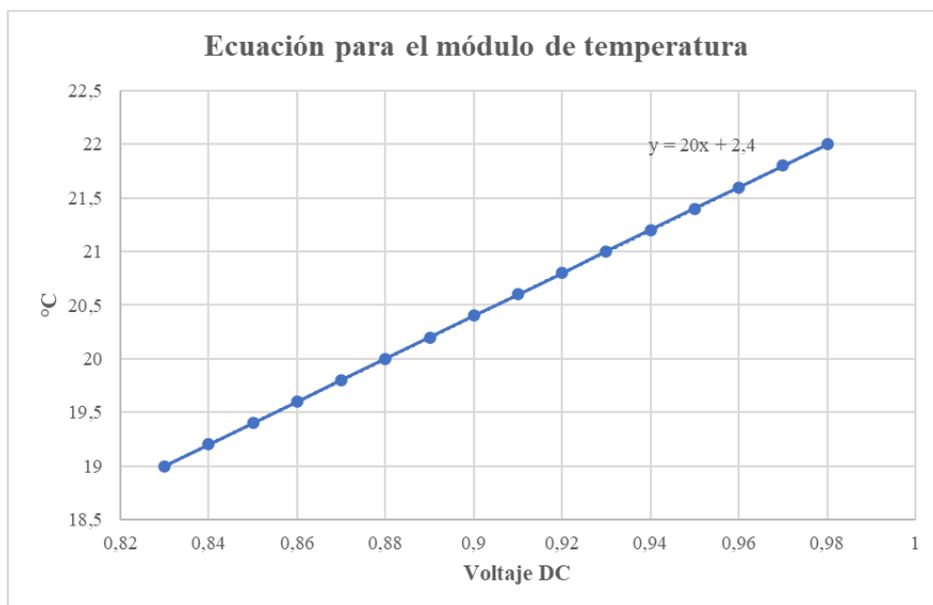


Figura 4.15. Gráfica de ecuación para calibrar el módulo de temperatura.

4.5.3. Datos obtenidos del módulo de turbidez

La Tabla 4.9. y Tabla 4.10 presentan los datos de voltaje capturados por el módulo de turbidez y las mediciones en unidades nefelométricas realizadas por el dispositivo certificado HACH con agua Dasani y con 90ml de agua con 0,5 gramos de café negro añadidos a cada prueba. Estos datos se utilizan para desarrollar una ecuación precisa que permita calibrar correctamente las mediciones del sensor de turbidez.

Tabla 4.9. Datos para la calibración del módulo de turbidez. Parte A

Muestra	Modulo construido de turbidez (V)	Equipo HACH (NTU)
Agua Dasani	2,58	0,90
	2,57	1,15
	2,56	1,40
	2,55	1,65
	2,54	1,90
	2,53	2,15
	2,52	2,40
	2,51	2,65
	2,50	2,90
	2,49	3,15
	2,48	3,40

Tabla 4.10. Datos para la calibración del módulo de turbidez. Parte B

Muestra	Modulo construido de turbidez (V)	Equipo HACH (NTU)
Café a 0.05 gr	2,47	4,20
	2,46	10,40
	2,45	18,50
	2,44	29,50
	2,43	36,50
	2,42	43,50
	2,41	50,50
	2,40	57,50
	2,39	65,30
Café a 0.1 gr	2,38	71,50
	2,28	113,00
	2,27	123,00
	2,26	133,00
Café a 0.15 gr	2,25	143,00
	2,17	203,00
	2,16	215,00
	2,15	227,00
	2,14	239,00
	2,13	251,00
	2,12	265,00
Café a 0.2 gr	2,11	275,00
	2,05	290,00
	2,04	310,00
	2,03	330,00
	2,02	350,00
Café a 0.3 gr	2,01	370,00
	1,81	468,00
	1,80	484,00
	1,79	500,00
Café a 0.4 gr	1,78	516,00
	1,62	689,00
	1,61	698,00
	1,60	707,00
	1,59	716,00
	1,58	725,00
	1,57	734,00
	1,56	743,00

Después del registro de datos se promedió a determinar la ecuación para el módulo de turbidez evidenciándose de esta manera en la Figura 4.16 la ecuación de segundo grado y la gráfica de los puntos.

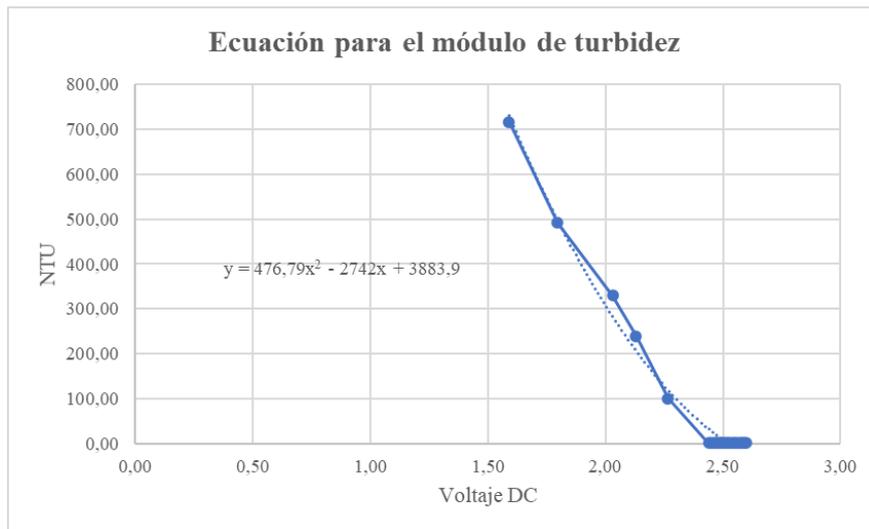


Figura 4.16. Gráfica de ecuación para calibrar el módulo de turbidez.

4.6. CARGA DE PSEUDOCÓDIGO A LOS MÓDULOS ESP32

A continuación, se detallará como se debe realizar la carga del pseudocódigo desarrollado para cada sensor de medición, en sus respectivos controladores ESP32. Estos pseudocódigos se encuentran detallados en el ANEXO F.

Antes de proceder con la carga de los diversos pseudocódigos destinados a los controladores ESP32 presentes en los módulos de medición, resulta imperativo realizar una verificación exhaustiva de la compilación del código. Entonces, es crucial configurar el entorno de desarrollo de manera apropiada, lo que implica la selección adecuada de la placa de desarrollo correspondiente. Es esencial, por ende, que antes de iniciar la verificación del código, se haya seleccionado la placa "ESP32 Dev Module" dentro del entorno de desarrollo Arduino IDE, tal como se ilustra en la Figura 4.17. Esta acción de selección de placa garantiza la alineación correcta de las herramientas de compilación con las especificaciones técnicas de los controladores ESP32 utilizados en los módulos de medición. La correcta elección de la placa no solo asegura una compilación precisa del código, sino que también facilita la detección temprana de posibles incompatibilidades o errores de configuración que podrían surgir durante el proceso de carga del pseudocódigo.

Posteriormente, se procede a compilar los pseudocódigos previamente elaborados con el objetivo de confirmar la ausencia de cualquier inconveniente en las líneas de código, como se ejemplifica en la Figura 4.18.

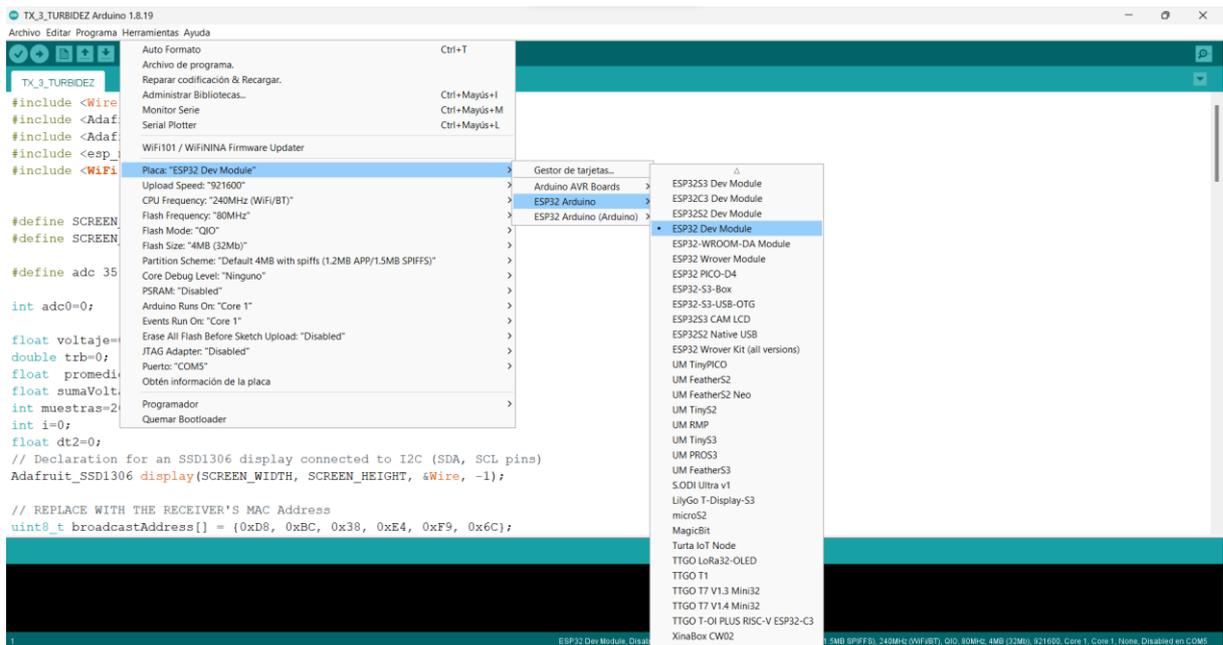


Figura 4.17. Verificación de la selección de la placa ESP32 Dev Module.



Figura 4.18. Compilación exitosa del pseudocódigo.

Una vez compilados el pseudocódigo se procede a conectar el controlador ESP32 al ordenador a través de la comunicación serial como se muestra en la Figura 4.19. Luego se procede a cargar el código al controlador. Este proceso se lo realiza con todos los controladores de cada módulo de medición.

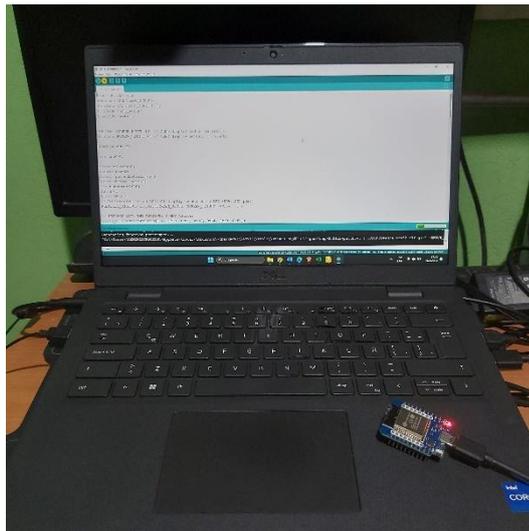


Figura 4.19. Carga del pseudocódigo al controlador ESP32.

Una vez cargado el pseudocódigo a los distintos controladores tanto para pH, temperatura y turbidez y ubicados en los módulos esto al realizar las mediciones con muestras líquidas recibirán datos de los sensores y se codificarán a través de estos controladores y estos enviarán datos al controlador ESP32 general, este controlador es quien se comunica con la interfaz de LabVIEW. El pseudocódigo del controlador general se encuentra en el ANEXO F.

4.7. COMUNICACIÓN ESP32 PRINCIPAL CON LABVIEW

La comunicación entre el microcontrolador ESP32, ubicado dentro del módulo principal de la estación de medición, y el software LabVIEW facilita la transmisión de datos a través de comunicación serial. Este protocolo permite la transmisión en tiempo real de las distintas mediciones realizadas por los módulos individuales. El módulo central recibe estos datos y posteriormente los envía al programa LabVIEW. Dentro de la interfaz de LabVIEW, los usuarios pueden visualizar el comportamiento de las mediciones junto con los datos específicos. Además, de que se inicia un proceso de registro de datos que genera un archivo XSLX para llevar un registro de las mediciones.

Acto seguido, se detalla el cómo se recibe, codifica y se visualizan los datos en la programación de LabVIEW.

Una vez establecida la comunicación serial, los datos enviados por el módulo principal son recibidos por el bloque de lectura VISA, el cual se encarga de interpretar los datos en forma de cadenas de caracteres. Posteriormente, el bloque Concatenate Strings se encarga de ordenar y

unir dichas cadenas de caracteres para su procesamiento posterior, como se puede apreciar en la Figura 4.20.

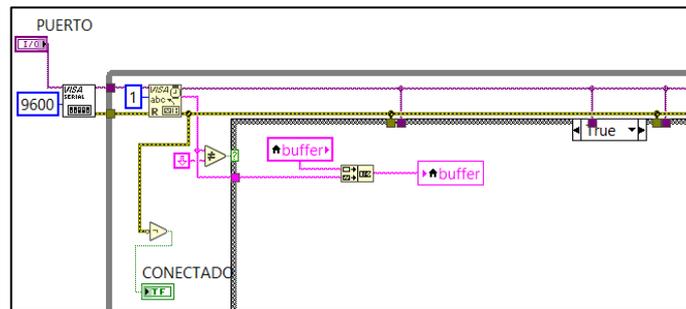


Figura 4.20. Diagrama de bloques recepción de datos.

Cuando el proceso de recepción de datos continúa, se mantiene en un estado activo (verdadero). Una vez que ha concluido la lectura de los primeros datos enviados dentro de un intervalo de tiempo de 5 segundos, alcanza el término de la lectura del último dato y transiciona a un estado inactivo (falso), lo que da paso al siguiente procedimiento.

En esta etapa subsiguiente, los datos son separados mediante un punto y coma a través del bloque Match Pattern. Posteriormente, estos datos separados son dirigidos a los correspondientes bloques Fract/Exp String To, encargados de convertir la representación de los datos strings a valores numéricos deseados a la Figura 4.21.

A continuación, los datos atraviesan un bloque de división, que se hace necesario debido a que previamente los datos se enviaron como números enteros y no con decimales. Por lo tanto, se lleva a cabo una división por 100. Finalmente, estos datos transformados son visualizados tanto en forma numérica como gráfica mediante el uso de los bloques plot.

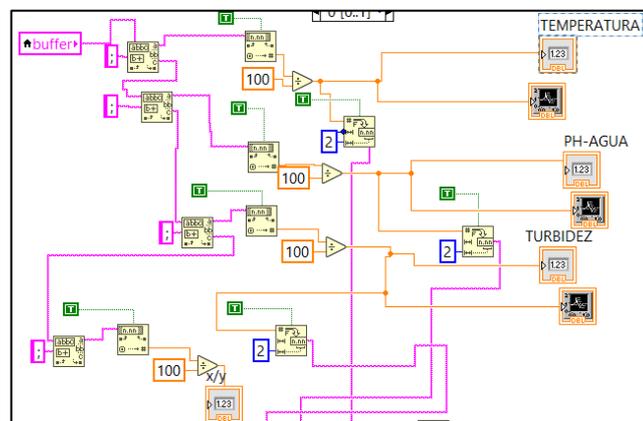


Figura 4.21. Diagrama de bloques para la transformación y visualización de datos.

Tras completar el proceso de visualización de datos, el siguiente paso consiste en visualizar los resultados de la medición en la pantalla HDMI, implementada en forma de registro de datos en una tabla. Para lograr esto, los datos se transforman nuevamente en datos strings para que puedan ser recibidos por el bloque Insert Into Array, el cual genera espacios vectoriales para alojar los datos. Posteriormente, estos datos son recibidos por el bloque Build Array, encargado de ordenarlos. Finalmente, los datos pasan a través del bloque Transpose 2D Array para ser organizados en forma matricial, lo que permite una visualización ordenada de los datos de medición en tiempo real en la pantalla como se puede divisar en Figura 4.22.

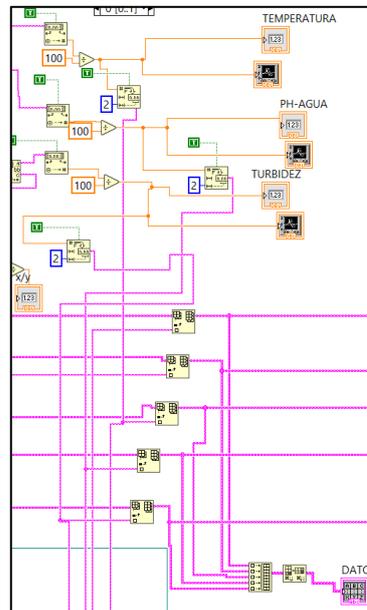


Figura 4.22. Diagrama de bloques para el registro de datos en la interfaz.

Para llevar a cabo el proceso de registro de datos en un archivo XSLX, se inicia con la creación del encabezado. Estos datos de encabezado son recibidos por el bloque Concatenate Strings, el cual se encarga de combinar las cadenas de texto correspondientes. Luego, los datos previamente transformados a valores numéricos son procesados por otro bloque de Concatenate Strings, para ser unidos de manera adecuada.

Finalmente, el bloque Write to Text File se encarga de registrar los datos en un archivo XSLX, asegurando que la información se almacene de manera precisa y estructurada para su posterior análisis y uso. Este proceso se puede observar en la Figura 4.23.

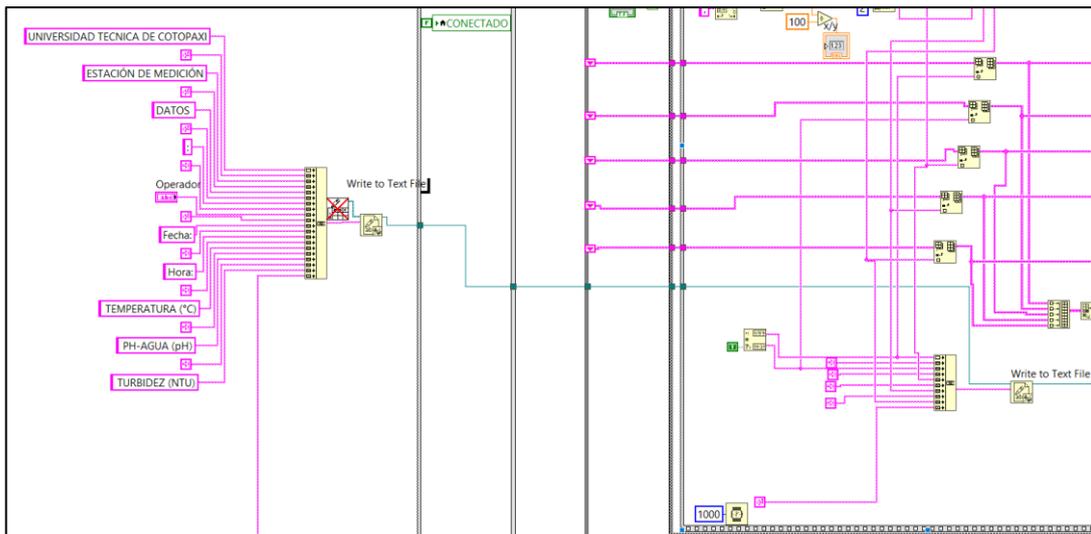


Figura 4.23. Diagrama de bloques para el registro de datos en un archivo XSLX.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. FUNCIONAMIENTO DE LA ESTACIÓN DE MEDICIÓN

Para comprender el funcionamiento de la estación de medición hay que tener en cuenta estos aspectos claves:

- Los sensores proporcionan mediciones en señales analógicas de acuerdo al tipo de muestra que se requiera medir.
- A través de la codificación en el Arduino se convertirán las señales analógicas obtenidas de la muestra medida en las respectivas unidades requeridas por cada tipo de modulo.
- Los módulos de estación reciben estos datos y se logran visualizar a través de las pantallas oled.
- Adicionalmente los módulos ESP23 de cada módulo envían los datos medidos de la muestra a través de Wifi al módulo principal donde se recopilan a través del mismo y se envían al software LabVIEW y mediante un ordenador estos datos se visualizan para observar su comportamiento de estabilización en el tiempo.

Para la adquisición de los datos medidos de cada módulo se aplica el siguiente diagrama de flujo que se presenta en la Figura 5.1.

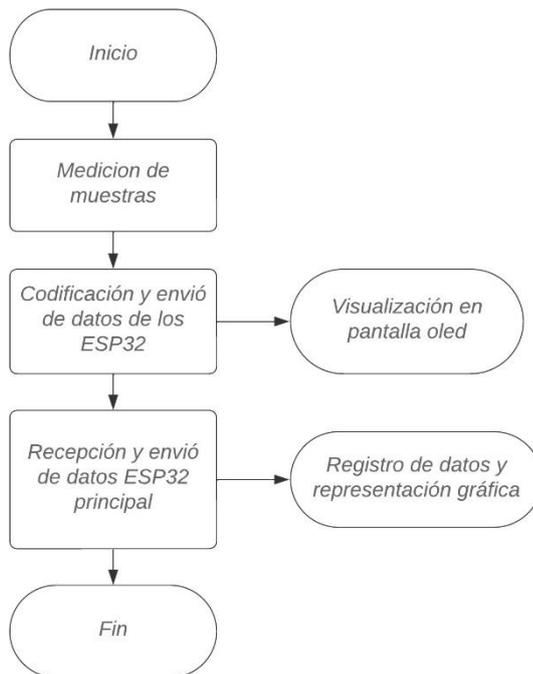


Figura 5.1. Diagrama de flujo del sistema de adquisición de datos.

5.2. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE REGISTRO DE DATOS

El sistema de adquisición de datos y visualización se lo realizo con el fin de registrar los datos de las muestras medidas y observar la estabilización de la muestra medida. El sistema recibe datos de las muestras del módulo principal el cual recolecta datos de los módulos de los sensores y posteriormente los envía al sistema a través de un puerto serial conectado físicamente al módulo principal y con el ordenador o a su vez si el ordenador dispone de una conexión bluetooth estos datos se envían a través de dicho medio. Los datos enviados se visualización cada 5 segundos y se puede evidenciar la estabilización de los datos de todos los sensores en el sistema de registro de datos.

El sistema representa en la Figura 5.2 y a continuación se describen los elementos de la interfaz:

1. Panel de visualización de la medición de pH.
2. Panel de visualización de la medición de temperatura.
3. Panel de visualización la medición de turbidez.
4. Pantalla gráfica del comportamiento del pH.
5. Pantalla gráfica del comportamiento de temperatura.
6. Pantalla gráfica del comportamiento de turbidez.
7. Tabla de registro de datos.

8. Indicar de estado de conexión.
9. Selección del puerto.
10. Botón de parado del sistema.

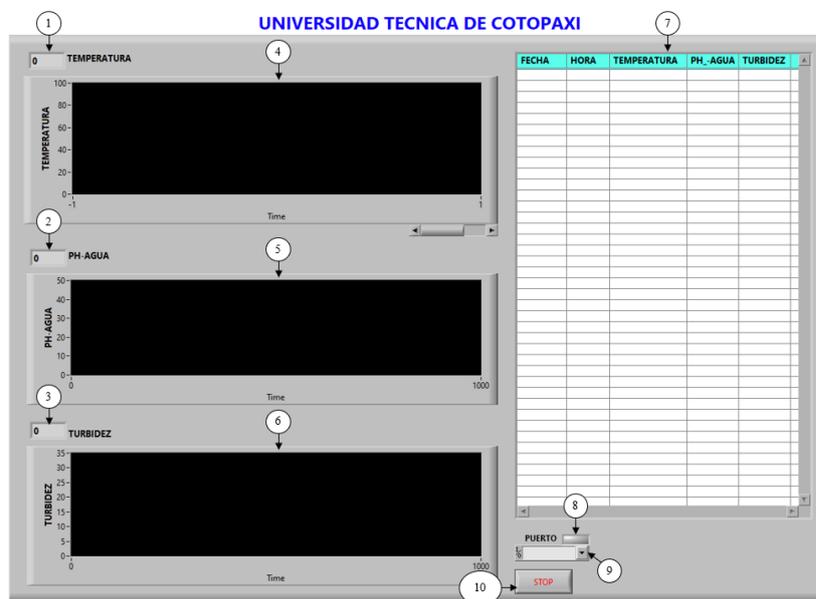


Figura 5.2. Interfaz del sistema de adquisición de datos.

5.3. VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS

Para la validación de los resultados de los distintos módulos, se aplicó la fórmula de error relativo para determinar el rango de error con los datos de la Inter comparación entre el módulo construido con el instrumento certificado, la fórmula del error relativo se representa en la ecuación 1.

$$\%ERROR = \left| \frac{Valor\ medido\ modulo - Valor\ medido\ instrumento}{Valor\ medido\ instrumento} \right| * 100 \quad (1)$$

5.3.1. Módulo de pH

Una vez realizada la calibración se determinaron las mediciones nuevamente para las muestras líquidas de limón, agua cielo y cloro con el módulo de pH, viendo así en la tabla Tabla 5.1 los resultados medidos con el módulo construido en comparación con los resultados de equipo certificado METTLER TOLEDO. Encontrando de esta manera un porcentaje de 1,45% de error y este es menor al 5% en diferentes muestras realizadas por ende el módulo cumple con los requerimientos establecidos.

Además, se presenta una gráfica comparativa con el módulo construido y el equipo certificado en la Figura 5.3.

Tabla 5.1. Comparación de datos obtenidos con el módulo de pH.

pH			
Muestra	Modulo construido (pH)	Equipo METTLER TOLEDO (pH)	%ERROR
Limón	2,05	2,13	3,76
Seven UP	3,24	3,34	2,99
Guitig	5,74	5,82	1,37
Agua Dasani	6,61	6,68	1,05
Agua Cielo	6,69	6,72	0,45
Cloro	12,30	12,66	2,84
PROMEDIO			1,45

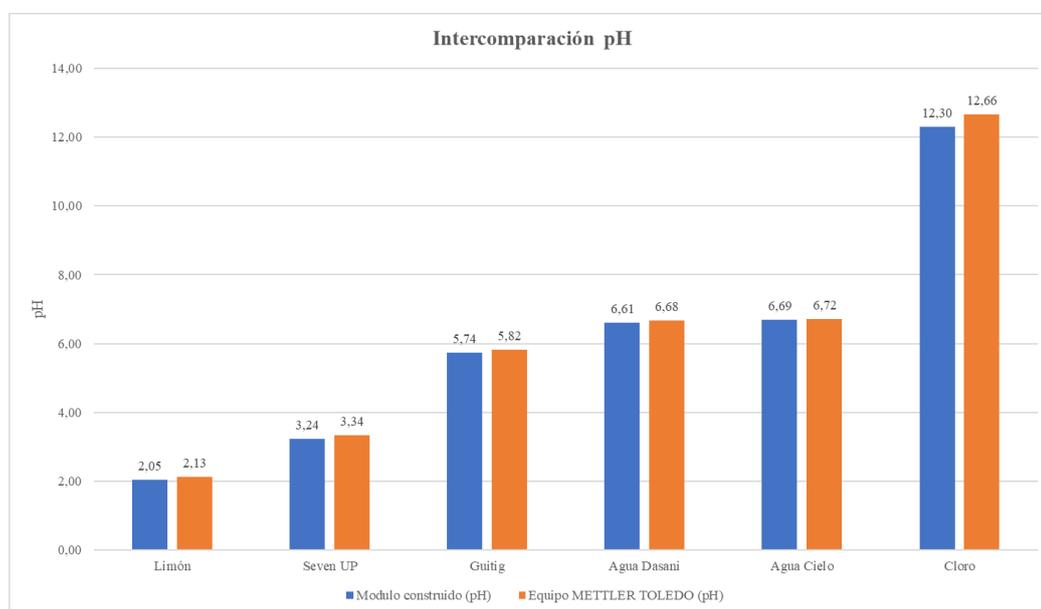


Figura 5.3. Comparación gráfica de los resultados registrados para el módulo de pH.

5.3.2. Módulo de temperatura

Después de llevar a cabo la calibración del sensor, se midió agua a distintas temperaturas y se observan los siguientes datos en la Tabla 5.2 del módulo de temperatura en relación con las mediciones obtenidas por el equipo certificado de HANNA. Se nota que existe un margen de error relativo menor al 5%, lo que sugiere que las mediciones se encuentran dentro de un rango aceptable pues su error es del 0,83%. Este resultado se evidencia también en la Figura 5.4, donde se presenta una comparación grafica de los datos obtenidos y el sistema de obtención de datos respectivamente.

Tabla 5.2. Comparación de datos obtenidos con el módulo de temperatura.

TEMPERATURA °C			
Muestra	Modulo construido	Equipo HANNA	%ERROR
Agua Templada	19,21	19,02	1,00
	19,43	19,28	0,78
	19,65	19,54	0,56
	19,87	19,80	0,35
	20,09	20,06	0,15
	20,31	20,32	0,05
	20,53	20,58	0,24
	20,75	20,84	0,43
	20,97	21,10	0,62
	21,19	21,36	0,8
	21,41	21,62	0,97
	21,63	21,88	1,14
	21,85	22,14	1,31
	22,07	22,40	1,47
	22,29	22,66	1,63
	22,51	22,92	1,79
PROMEDIO			0,83

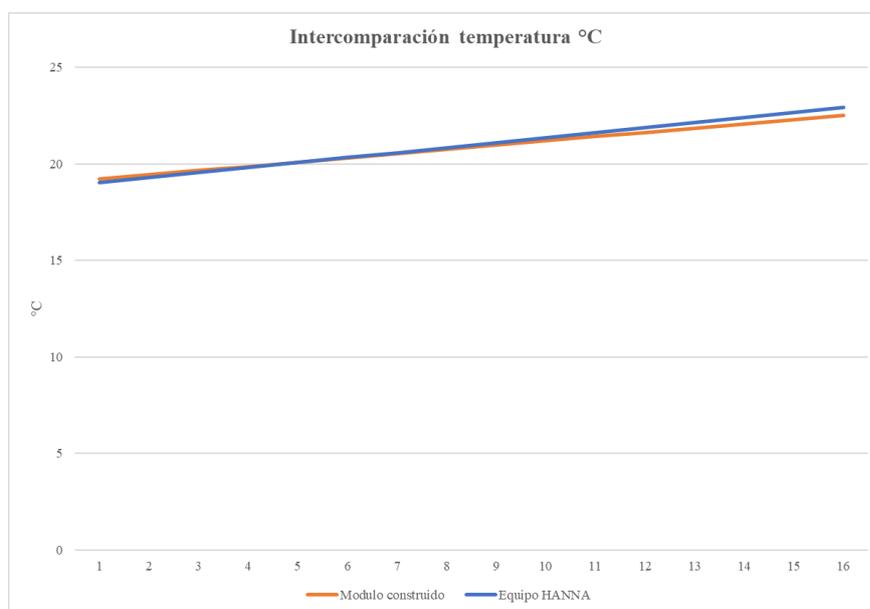


Figura 5.4. Comparación gráfica de los datos registrados para el módulo de temperatura.

5.3.3. Módulo de turbidez

Tras la realización del proceso de calibración del sensor de turbidez, se procedió a efectuar nuevas mediciones de las muestras. Estas mediciones arrojaron los siguientes resultados, los cuales se detallan en la Tabla 5.3 del módulo de turbidez, contrastados con los datos obtenidos

del equipo certificado de HACH. Se constató un margen de error relativo inferior al 5%, lo que indica que las mediciones se encuentran dentro de un rango de 2,19% lo cual es aceptable. Este análisis visual se puede apreciar también en la Figura 5.5, donde se representa gráficamente la comparación de los resultados obtenidos y el sistema de adquisición de datos de acuerdo al caso.

Tabla 5.3. Comparación de datos obtenidos con el módulo de turbidez.

TURBIDEZ			
Muestra	Modulo construido (NTU)	Equipo HACH (NTU)	%ERROR
Agua Dasani	0,98	1,03	3,90
Agua Potable	1,47	1,53	3,93
	2,82	2,90	2,76
0,05 gr de café	19,52	19,82	1,51
	58,08	61,20	5,10
0,1 gr de café	125,86	128,00	1,67
0,15 gr de café	218,84	221,00	0,98
	260,49	263,67	1,21
0,2 gr de café	305,80	310,00	1,35
	369,92	360,00	2,76
0,3 gr de café	465,78	476,00	2,15
	500,76	508,00	1,43
0,4 gr de café	698,23	702,50	0,61
	724,84	734,00	1,25
PROMEDIO			2,19

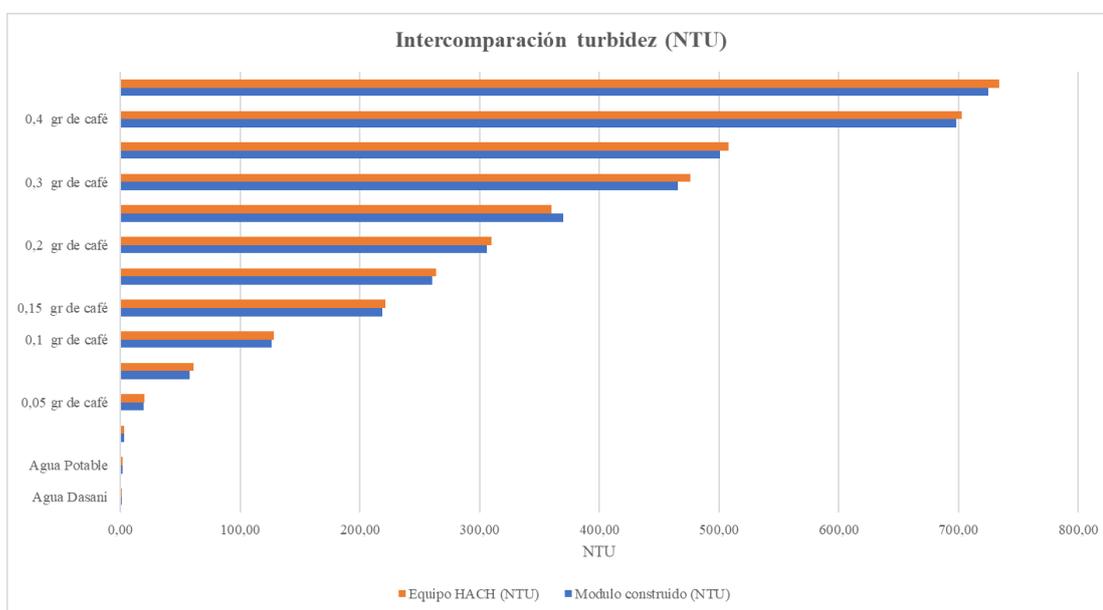


Figura 5.5. Comparación gráfica de los resultados registrados para el módulo de turbidez.

5.4. RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE PH, TEMPERATURA Y TURBIDEZ EN EL MÓDULO DE INSTALACIÓN DOMÉSTICA PRESURIZADA

En Tabla 5.4 se registraron los datos de medición de diferente muestra como el agua potable, agua con tierra, y agua amarillenta, estos se realizaron con los tres módulos de medición pH, temperatura y turbidez con lo cual se puede evidenciar la funcionalidad de los mismos.

Tabla 5.4. Datos medidos de las muestras iniciales.

MUESTRAS PRUEBA			
Muestra	pH	Temperatura (C°)	Turbidez (NTU)
Agua potable	7,40	22,78	3,45
Agua con tierra	7,80	22,89	675,00
Agua amarillenta	7,70	22,93	467,00

Al utilizar el filtro del módulo de instalación doméstica presurizada con las tres muestras se ve notablemente que el nivel de turbidez baja eventualmente, así como el valor del pH. Estos datos se muestran en la Tabla 5.5.

Tabla 5.5. Datos medidos con el módulo de instalación doméstica presurizada.

MÓDULO DE INSTALACIÓN DOMÉSTICA PRESURIZADA			
Muestra	pH	Temperatura (C°)	Turbidez (NTU)
Agua	7,20	23,12	1,45
Agua con tierra	7,60	23,16	3,56
Agua amarillenta	7,50	23,21	2,67

Con esto se demuestra que el funcionamiento de los módulos es correcto para el uso en cualquier tipo de solución líquida.

5.5. SISTEMA DE REGISTRO DE DATOS

En el sistema de registro de datos, se presenta la visualización de la medición de pH, temperatura y turbidez de la muestra de agua purificada empleada para verificar el funcionamiento con los módulos construidos. Al iniciar el registro de datos, se observa que estos valores iniciales experimentan variaciones hasta alcanzar una medida estable y asimismo como se ilustra en la Figura 5.6 en donde se presenta el registro de datos cada 5 segundos y los valores de medición de la muestra de agua purificada, y en la Figura 5.7 se muestra la medición en tiempo real de los módulos.

Tanto el sistema de registro de datos y los módulos construidos reflejan los siguientes datos:

- pH (Agua purificada): 6,68

- Temperatura (Agua templada): 21,55 °C
- Turbidez (Agua purificada): 1,4 NTU

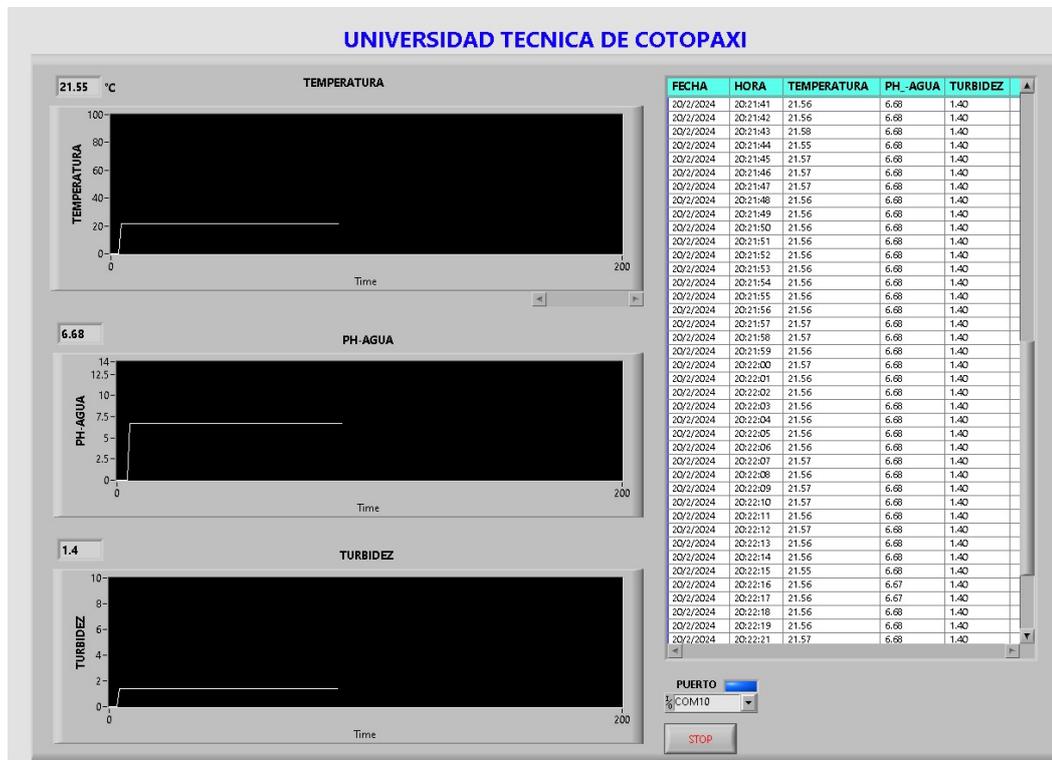


Figura 5.6. Registro de datos de muestra de agua purificada.

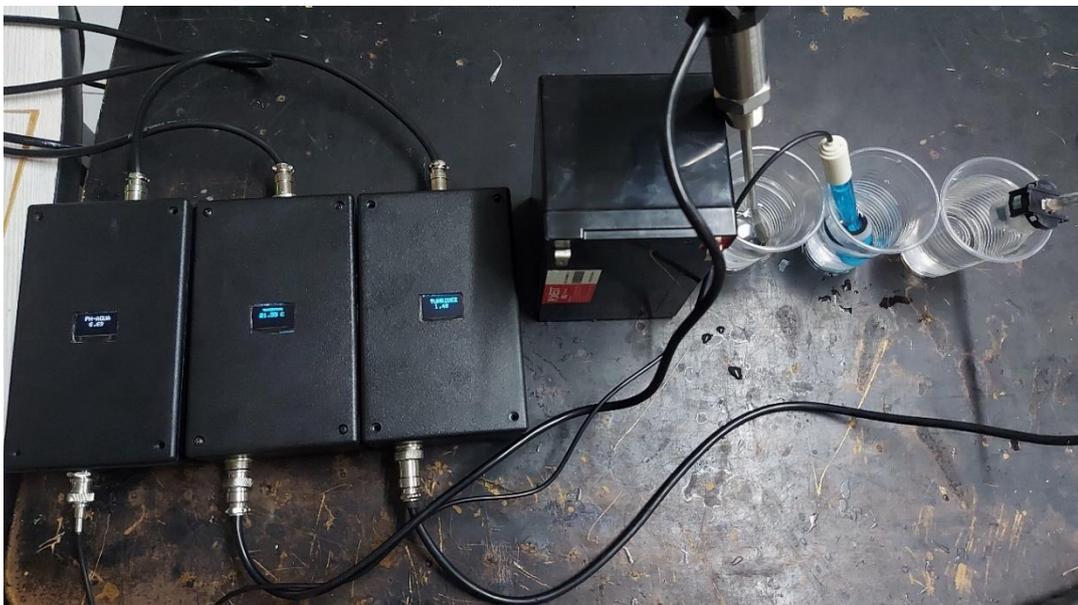


Figura 5.7. Datos registrados por los módulos en tiempo real.

5.6. IMPACTOS

En esta sección se detalla el impacto social, técnico, económico y ambiental de la propuesta tecnológica denominada "Implementación de una Estación de Medición de pH, Temperatura y Turbidez Enfocado a Soluciones Líquidas". Este proyecto brinda la oportunidad a los estudiantes de participar activamente en las mediciones de pH, temperatura, turbidez de las soluciones líquidas mediante. Estos parámetros son representados gráficamente en el sistema de adquisición de datos a través de las medidas tomadas en el tiempo.

5.6.1. Impacto social

La implementación de una estación de medición de pH, temperatura y turbidez puede contribuir significativamente a asegurar la medición eficaz de las soluciones líquidas empleadas en diversas prácticas dentro del laboratorio químico. Este hecho tiene un efecto positivo en el análisis preciso de las soluciones líquidas a medir.

Además, la participación activa de los estudiantes mediante el uso de la estación de medición facilitará la adquisición de un profundo entendimiento de los temas abordados en diversas prácticas. Al integrar la teoría con la práctica, los estudiantes serán capaces de comprender mejor el proceso de medición de las soluciones líquidas. Este enfoque holístico de aprendizaje contribuirá a una formación integral y mejor preparada en estos campos.

5.6.2. Impacto técnico

La implementación de una estación de medición permite obtener datos en tiempo real sobre el pH, temperatura y turbidez de soluciones líquidas. Esto facilita la detección temprana de cambios o desviaciones no deseadas en la muestra, lo que permite tomar medidas correctivas de manera oportuna y mejorar la eficiencia de los procesos.

Al integrar una estación de medición en los sistemas de control y monitoreo, es posible automatizar la toma de decisiones y las acciones correctivas. Esto puede reducir la carga de trabajo manual, minimizar los errores humanos y optimizar los recursos técnicos disponibles.

5.6.3. Impacto económico

La implementación de una estación de medición garantiza la calidad de medición de las muestras y al controlar y monitorear los parámetros críticos de las soluciones líquidas, los

estudiantes pueden analizar de mejor manera las muestras. Esto puede resultar en una mayor eficiencia, reducción de errores y costos de medición de muestras en lugares externos.

5.6.4. Impacto ambiental

Es fundamental realizar un análisis exhaustivo de las variables de pH, temperatura y turbidez en las muestras, especialmente cuando se trata de casos de estudios ambientales del agua. Este análisis proporcionara una información crucial sobre la calidad y composición de la solución líquida examinadas en el laboratorio químico. Al estudiar estas variables, se pueden identificar posibles desviaciones de los rangos ideales o establecidos previamente.

5.7. ELABORACIÓN DE LAS GUÍAS PRÁCTICAS

Para garantizar que la estación de medición funcione de forma segura y eficiente en un entorno de laboratorio, se imponen varias condiciones, incluida la selección de materiales, procedimientos de seguridad y precauciones. Estas condiciones se establecen en el ANEXO D tienen como objetivo promover las buenas prácticas operativas a la hora de afrontar modificaciones.

5.8. PRESUPUESTO

Se desarrolla una tabla de costos para llevar a cabo la implementación de esta estación de medición, en el cual se especifican todos los elementos necesarios en el proceso de fabricación. A partir de esto, se genera un presupuesto estimado que incluye el costo por unidad o el total de los gastos, así como los costos externos e indirectos. El presupuesto del módulo de pH, temperatura, turbidez se encuentran descritos de manera específica en las Tabla 5.6, Tabla 5.7, Tabla 5.8 y Tabla 5.9 donde se puede apreciar los precios de los componentes por unidad, la cantidad y el total.

Tabla 5.6. Costos para el módulo de pH. Parte A

Descripción	Cantidad	Precio individual (\$)	Precio Total (\$)
Bornera	1	0,40	0,40
Puente de diodos	1	0,45	0,45
LM2596	1	4,00	4,00
Zócalos 40 pines	1	0,45	0,45
Potenciómetro	1	0,50	0,50
Resistencia de 1K	1	0,10	0,10
Resistencia variable de 10k	1	0,25	0,25
LM358	1	0,50	0,50

Tabla 5.7. Costos para el módulo de pH. Parte B

Descripción	Cantidad	Precio individual (\$)	Precio Total (\$)
Zócalo 4x2 pines	1	0,20	0,20
Pantalla Oled 128x64 pixeles	1	8,00	8,00
ESP32	1	12,50	12,50
Sensor de pH	1	65,00	65,00
TOTAL			92,35

Tabla 5.8. Costos para el módulo de temperatura.

Descripción	Cantidad	Precio individual (\$)	Precio Total (\$)
Bornera	2	0,40	0,80
Puente de diodos	1	0,45	0,45
LM2596	1	4,00	4,00
Zócalos 40 pines	1	0,45	0,45
Potenciómetro	1	0,50	0,50
Resistencia de 1K	1	0,10	0,10
Resistencia variable de 10k	1	0,25	0,25
LM358	1	0,50	0,50
Zócalo 4x2 pines	1	0,20	0,20
Pantalla Oled 128x64 pixeles	1	8,00	8,00
ESP32	1	12,50	12,50
Sensor de temperatura	1	100,00	100,00
TOTAL			127,75

Tabla 5.9. Costos para el módulo de turbidez.

Descripción	Cantidad	Precio individual (\$)	Precio Total (\$)
Bornera	1	0,40	0,40
Puente de diodos	1	0,45	0,45
LM2596	1	4,00	4,00
Zócalos 40 pines	1	0,45	0,45
Potenciómetro	1	0,50	0,50
Resistencia de 1K	1	0,10	0,10
Resistencia variable de 10k	1	0,25	0,25
LM358	1	0,50	0,50
Zócalo 4x2 pines	1	0,20	0,20
Pantalla Oled 128x64 pixeles	1	8,00	8,00
ESP32	1	12,50	12,50
Sensor de turbidez	1	49,50	49,50
TOTAL			76,85

A continuación, en la Tabla 5.10 y Tabla 5.11 se muestran los costos externos e indirectos de elementos adicionales para la construcción de los módulos.

Tabla 5.10. Costos externos.

Descripción	Cantidad	Precio individual (\$)	Precio Total (\$)
Plancha Baquelita 20x30cm	2	3,50	7,00
Cajas PVC 15,5x9,5cm	3	8,00	24,00
Cajas PVC 11x20cm	1	10,00	10,00
Cable de poder	1	2,00	2,00
Fuente AC/DC	1	13,00	13,00
Conectores	9	2,00	18,00
Cable DuPont	12	0,80	9,60
Switch	1	0,80	0,80
TOTAL			84,40

Tabla 5.11. Costos indirectos.

Descripción	Cantidad	Precio individual (\$)	Precio Total (\$)
Alimento	12	2,50	30,00
Transporte	4	14,00	56,00
TOTAL			86,00

Seguidamente se indica en la Tabla 5.12 los costos totales de la construcción de la estación de medición de pH, temperatura y turbidez.

Tabla 5.12. Costos totales.

Descripción	Cantidad	Precio individual (\$)	Precio Total (\$)
Estación de medición	1	296,95	296,95
Materiales externos	1	84,40	84,40
Gastos indirectos	1	86,00	86,00
TOTAL			467,35

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- La implementación de la estación de medición que evalúa pH, temperatura y turbidez en soluciones líquidas mejora significativamente la calidad de las mediciones, garantizando la fiabilidad y precisión de los datos. Además, proporciona eficiencia en los procesos de análisis, al ofrecer datos en tiempo real y facilitar la detección temprana de desviaciones en los parámetros medidos.
- La evaluación de la precisión y fiabilidad de los datos generados por la estación de medición, a través de la comparación con instrumentos certificados, ha permitido validar la efectividad del sistema automatizado. Se obtuvo un rango promedio de error del 2,13%

para el módulo de pH, del 3,14% para el módulo de temperatura y del 2,15% para el módulo de turbidez.

- Mediante la estación de medición se logró sin dificultad medir las distintas soluciones líquidas aplicadas en el módulo de instalación doméstica presurizada, con el mismo se demostró la utilidad y funcionamiento de los módulos de medición al ser comparados con patrones e instrumentos calibrados de medición para estas variables.
- La guía práctica desarrollada en el ANEXO D para la estación de medición enfocado a soluciones líquidas destaca la importancia de contar con un recurso detallado y estructurado para llevar a cabo este proceso. La guía proporcionó una descripción paso a paso de los procedimientos necesarios para operar la estación de medición, incluyendo la selección y colocación adecuada de los sensores, la utilización del sistema de registro de datos y la interpretación de los resultados obtenidos.

6.2. RECOMENDACIONES

- Este equipo mide el pH, temperatura, y turbidez de soluciones líquidas y está equipado con una variedad de partes eléctricas y electrónicas, lo cual indica que su uso y funcionamiento deben ser llevados a cabo por personas capacitadas.
- Para mantener su funcionamiento óptimo, es crucial establecer un programa de mantenimiento regular. Esto incluye la calibración periódica de los sensores y la limpieza adecuada de los equipos para evitar la acumulación de residuos que puedan afectar las mediciones.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] P. A. J. C. Aragón Patiño, «Desarrollo de un prototipo que por medio de una placa Arduino Uno y un conjunto de sensores compatibles, permita la medición en tiempo real, local y/o remota, del potencial de hidrógeno, turbiedad, conductividad eléctrica y la temperatura del agua,» *Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD*, 2021.
- [2] A. C. A. J. C. & I. N. M. A. Buenahora Vergel, «Prototipo de sistema de monitoreo del estado de las variables de (ph, turbiedad, caudal, nivel de tanques y sistema eléctrico) de la planta de tratamiento de agua potable de Guayabal de Siquima.,» *Universidad El Bosque*, 2019.

- [3] P. M. Román Juárez, «Sistema inteligente ambiental para monitorear la calidad del agua de las playas de Huanchaco en el año 2018,» *Repositorio de la Universidad César Vallejo*, 2018.
- [4] Y. P. C. Regino, «SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA BASADO EN IOT, UTILIZANDO TÉCNICAS DE ANALÍTICA DE DATOS PARA LA DETECCIÓN DE ANOMALÍAS, EN LOS ACUEDUCTOS EJECUTADOS POR EL PLAN DEPARTAMENTAL DE AGUAS (PDA) DE CÓRDOBA,» *UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA*, 2021.
- [5] S. A. Contreras Clavijo y X. G. Rojano Mueses, «SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO Y CONTROL PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE “EL CARRIZAL-SALCEDO” BASADO EN IOT E INTELIGENCIA ARTIFICIAL,» *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO*, pp. 10-23, 2023.
- [6] D. D. Benítez Lescano, «SISTEMA DE CLORACIÓN AUTOMÁTICO PARA LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE REGIONAL ORIENTAL MULALÓ-JOSEGUANGO BAJO-ALÁQUEZ,» *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO*, pp. 11-25, 2021.
- [7] T. S. J. I. Coello Hurtado D. A., «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO EN TIEMPO REAL DE SENSORES DE TEMPERATURA, TURBIDEZ, TDS Y PH PARA LA CALIDAD DEL AGUA UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA LORAWAN,» *UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA*, 2020.
- [8] M. J. & P. W. K. J. Moran Quimis, «Diseño de un prototipo IOT SMART water de bajo costo para el monitoreo en tiempo real, de la provisión de condiciones óptimas del agua para criaderos artesanales de peces o camarones en la Ciudad Guayaquil,» *Universidad de Guayaquil.*, 2021.
- [9] D. E. Ribes Pérez, «Implementación de un modelo predictivo para la formación de trihalometanos en sistemas de abastecimiento. Propuesta de soluciones tecnológicas y herramientas de ayuda para la gestión del riesgo sanitario,» *Universidad de granda*, pp. 11-24, 2023.

- [10] M. H. Castillo Guerra, «Tratamiento de los efluentes del procesamiento industrial de aguas gaseosas para su uso como agua de riego.,» *UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SANCHEZ CARRIÓN*, pp. 13-21, 2021.
- [11] C. M. A. P. O. E. I. G. J. & S. L. J. S. Álvarez García, «Sistema de Información y Montaje de Dispositivo para el control y monitoreo de Humedad, Temperatura y Ph del Suelo en Cultivos de Rosas.,» *Repositorio Fundación Universitaria Compensar* , pp. 15-34, 2023.
- [12] E. Uriguen Fernández, «Modelos de información en los sistemas de control para sistemas de producción automatizados acorde con la Metodología MeiA. 4.0.,» *EhuBiblioteca*, pp. 12-26, 2022.
- [13] S. Munirathinam, «Industry 4.0: Industrial internet of things (IIOT).,» *Advances in Computers*, vol. 117, nº 1, pp. 129-164, 2020.
- [14] F. J. A. Carrizo, «Seguridad alimentaria en productos lácteos crudos en Panamá.,» *Revista Plus Economía*, vol. 12, nº 1, pp. 74-86, 2024.
- [15] D. O. Niño Acosta, «Diseño de un programa de mantenimiento de sistemas esenciales en instalaciones institucionales basado en monitoreo remoto y procesos de apoyo por demanda. Análisis de caso conjuntos residenciales.,» *Universidad Santo Tomás*, pp. 12-25, 2020.
- [16] C. R. G. G. P. A. S. G. S. & M. M. C. E. Suarez Suarez, «Modelo de comunicación basado en IoT para la transmisión de datos de estaciones meteorológicas.,» *Producción Editorial Universidad Distrital Francisco José de Caldas*, pp. 11-30, 2020.
- [17] A. F. Arciniegas M. y D. E. Y. R. F. J. Imbajoa R., «Diseño e implementación de un Sistema de Medición Inteligente para AMI de la microrred de la Universidad de Nariño.,» *Enfoque UTE*, vol. 8, pp. 300-314, 2017.
- [18] D. & d. A. P. U. B. Thomazini, «Sensores industriais: fundamentos e aplicações.,» *Saraiva Educação SA.*, pp. 24-37, 2020.
- [19] F. Q. H. J. E. C.-R. J. L. & C.-R. J. L. Zayas-Gato, «Diseño de controladores PID.,» *Universidade da Coruña, Servizo de Publicacións.*, pp. 26-42, 2020.

- [20] C. E. & S. S. E. G. Espinoza Ortiz, «Protocolo para Telemetría por Medio de la Tecnología Celular GSM y SMS Empleando el Microcontrolador Arduino.,» *Repositorio de la Universidad César Vallejo* , pp. 11-34, 2022.
- [21] M. S. Armijos Benalcazar, «Implementación de una estación meteorológica para la adquisición de datos de los parámetros del elemento viento en cultivos de mora en la provincia de Tungurahua,» *Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte*, pp. 13-29, 2023.
- [22] O. A. Gonzáles Reynoso, «Proceso innovador para mejorar la metodología de monitoreo en la evaluación de impacto ambiental del sector minero utilizando el control estadístico de calidad CEC, CEP,» *Repositorio de UNSM*, pp. 12-25, 2023.
- [23] O. O. O. Osorio, «Comisionamiento y puesta en marcha de sistema scada para planta de tratamiento de agua.,» *Universidad Tecnológica Centroamericana*, pp. 12-34, 2023.
- [24] F. A. R. (. Zaga, «Implicancias transformadoras de la Cuarta Revolución Industrial en el mercado laboral.,» *Newman Business Review*, vol. 9, nº 2, pp. 40-71., 2023.
- [25] K. Schwab, «La cuarta revolución industrial.,» *Debate.*, pp. 24-37, 2016.
- [26] O. & N. A. B. Aguilar Sequeiros, «Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la comunidad de Llañucancha del distrito de Abancay, provincia de Abancay 2017.,» *Repositorio Digital Institucional de la Universidad Tecnológica de los Andes* , pp. 11-23, 2018.
- [27] Ilerna, «El pH y la importancia de mantenerlo estable,» *www.ilerna.es*, 2019.
- [28] Uelectronics, «PH-4502C Sensor de PH Liquido con electrodo E201-BNC,» *uelectronics.com*, 2023.
- [29] A. S. ROQUE, «Diseño y construcción de equipo de medición para el monitoreo de ph, conductividad y temperatura del agua.,» *UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS*, pp. 12-37, 2021.
- [30] M. & M. I. C. Picquart, «De la temperatura y su medición.,» *Latin-American Journal of Physics Education*, vol. 11, nº 1, p. 10, 2017.

- [31] L. A. & C. I. D. A. Sánchez Carlos, «Diseño e implementación de un Módulo Didáctico de Control de Temperatura para la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica en a UNPRG.,» *Repositorio Institucional UNPRG*, pp. 12-34, 2018.
- [32] Made-in-China, «Qdl80A Transmisor de temperatura de acero inoxidable sensor de temperatura del termopar del depósito de agua,» *Made-in-China*, 2023.
- [33] C. L.-M. D. S. L. & D. R. Román-Herrera, «Construcción con tecnología abierta de un sensor de turbidez de bajo costo.,» *Iteckne*, vol. 13, nº 1, pp. 17-22, 2016.
- [34] Flowen, «Turbidez en el agua,» *Flowen*, 2020.
- [35] L. F. & M. Z. G. A. Cusiche Pérez, «Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad en la reserva nacional ‘Lago Junín’, Perú.,» *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, vol. 10, nº 6, pp. 1433-1447., 2019.
- [36] SARAVATI, «Módulo Sensor de Turbidez Partículas Suspensas na Água,» *SARAVATI*, 2024.
- [37] I. L. Tijero Moreno, «Fluidoterapia en el manejo de urgencias en pequeños animales.,» *Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales*, pp. 12-23, 2020.
- [38] H. M. E. Karen, «LA NUEVA GENERACIÓN DE ENDULZANTES NATURALES,» *UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO*, pp. 12-27, 2023.
- [39] J. C. Gaviro, «Contribuciones para la caracterización de amplio espectro de soluciones líquidas mediante tecnología sdr,» *Universidad Politécnica de Madrid*, pp. 11-34, 2021.
- [40] M. A. Pereira Porras, «La evolución en Colombia del acceso al agua potable como Derecho fundamental ante su inminente escasez.,» *UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA*, pp. 13-24, 2022.
- [41] J. A. Arevalo Chela, «Implementación de un módulo de refrigeración para el control y monitoreo de la temperatura empleando controladores SITRAD.,» *Repositorio Digital Tecnológico Universitario Vida Nueva*, pp. 13-34, 2023.

- [42] C. A. L.-H. L. A. M.-S. E. A. G.-C. W. V.-M. E. X. & G.-G. F. R. Rico-Páez, «Introducción a la química básica.,» *Editorial Universidad Católica de Colombia.*, pp. 21-34, 2022.
- [43] P. A. Bobadilla López, «Diseño e Implementación de dos bancos de pruebas móviles para mediciones eléctricas y control domótico mediante IoT,» *Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana*, pp. 11-26, 2023.
- [44] MCIelectronics, «Tarjeta de Desarrollo de ESP-32 ESP32,» *MCIelectronics*, 2023.
- [45] NOVAtronic, «Regulador de voltaje DC/DC Step Down LM2596,» *NOVAtronic*, 2023.
- [46] Lab Center, «PCB Design Software,» 2024.
- [47] Arduino, «What is Arduino?,» 2018.
- [48] NATIONAL INSTRUMENTS CORP, «¿Qué es LabVIEW?,» *NATIONAL INSTRUMENTS CORP*, 2024.
- [49] J. S. M. C. & E. P. Villegas, «Diseño de una aplicación en LABVIEW como parte de una estrategia didáctica para mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje del tema circuitos serie y paralelo.,» *Latin-American Journal of Physics Education*, vol. 12, n° 3, p. 9, 2018.
- [50] C. Olivares Navarro, «Climatología en Asturias en el periodo 1981-2010.,» *Repositorio Institucional de la Universidad de Oviedo*, pp. 12-34, 2015.
- [51] J. D. & B. E. J. A. Avila Cubides, «Diseño de un sistema de gestión de riego mediante red de sensores a fin de aportar en la tecnificación del cultivo de solanum phureja para la sostenibilidad de la vereda Santa Ana en el municipio de Monguí.,» *Universidad Santo Tomas*, pp. 14-34, 2023.
- [52] I. E. Díaz Avilés, «Importancia de la inocuidad alimentaria y las BPM en la industria de procesamiento de alimentos,» *Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana*, pp. 12-34, 2023.

