



FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INFORMÁTICA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN GATEWAY BASADO EN IOT PARA EL
MONITOREO REMOTO EN UNA EPS, LIMA 2026**

**Línea de investigación:
Ingeniería de software, simulación y desarrollo de TICs**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico

Autor

Palacios Sanchez, Claudio Rogelio

Asesor

Flores Masías, Edward José

ORCID: 0000-0001-8972-5494

Jurado

Peña Carrillo, César Serapio

Pérez Samanamud, Miguel Vladimir

Pastor Castillo, José Enrique

Lima - Perú

2026

IMPLEMENTACIÓN DE UN GATEWAY BASADO EN IOT PARA EL MONITOREO REMOTO EN UNA EPS, LIMA 2026

INFORME DE ORIGINALIDAD

11%

INDICE DE SIMILITUD

10%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	biblioteca.usac.edu.gt	<1 %
	Fuente de Internet	
2	repositorio.unicesmag.edu.co:8080	<1 %
	Fuente de Internet	
3	repositorio.uncp.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
4	repositorio.uniscjsa.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
5	docs.google.com	<1 %
	Fuente de Internet	
6	ww1.ups.edu.ec	<1 %
	Fuente de Internet	
7	hdl.handle.net	<1 %
	Fuente de Internet	
8	www.researchgate.net	<1 %
	Fuente de Internet	
9	repositorio.usanpedro.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
10	www.coursehero.com	<1 %
	Fuente de Internet	
11	www.polodelconocimiento.com	<1 %
	Fuente de Internet	
12	di.unheval.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
13	repositorio.uap.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
14	Submitted to Instituto Politecnico Nacional	<1 %
	Trabajo del estudiante	

Submitted to Murrieta Valley Unified School District



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INFORMÁTICA

IMPLEMENTACIÓN DE UN GATEWAY BASADO EN IOT PARA EL
MONITOREO REMOTO EN UNA EPS, LIMA 2026

Línea de Investigación:

Ingeniería de software, simulación y desarrollo de TICs

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico

Autor

Palacios Sanchez, Claudio Rogelio

Asesor

Flores Masías, Edward José

ORCID: 0000-0001-8972-5494

Jurado

Peña Carrillo, César Serapio

Pérez Samanamud, Miguel Vladimir

Pastor Castillo, José Enrique

Lima – Perú

2026

Dedicatoria

A Dios quien ha sido mi guía, quien siempre me ha dado una luz de esperanza en medio de tantas adversidades. A mi madre Balvina y mi padre Esteban quienes con su amor y confianza me han permitido concluir con una etapa más. A mis hermanos por brindarme su amor y palabras de aliento que me permitieron dar un esfuerzo más para conseguir este objetivo. A Valery por su apoyo y paciencia inquebrantable.

Agradecimiento

Agradecer a todas las personas que me apoyaron con su conocimiento. Al Dr. Flores Masías Edward José, por su orientación y apoyo durante el desarrollo de la investigación.

ÍNDICE

RESUMEN	12
ABSTRACT	13
I. INTRODUCCIÓN	14
1.1 Descripción y formulación del problema	15
<i>1.1.1 Descripción del problema</i>	<i>15</i>
<i>1.1.2 Formulación del problema</i>	<i>17</i>
1.2 Antecedentes.....	18
<i>1.2.1 Antecedentes internacionales</i>	<i>18</i>
<i>1.2.2 Antecedentes nacionales</i>	<i>22</i>
1.3 Objetivos.....	26
<i>1.3.1 Objetivo general</i>	<i>26</i>
<i>1.3.2 Objetivos específicos</i>	<i>26</i>
1.4 Justificación.....	27
<i>1.4.1 Justificación práctica</i>	<i>27</i>
<i>1.4.2 Justificación económica</i>	<i>27</i>
<i>1.4.3 Justificación social</i>	<i>27</i>
<i>1.4.4 Justificación tecnológica</i>	<i>27</i>
1.5 Hipótesis	28
<i>1.5.1 Hipótesis general</i>	<i>28</i>
<i>1.5.2 Hipótesis específica.....</i>	<i>28</i>
II. MARCO TEÓRICO.....	29

2.1	Bases teóricas sobre el tema de investigación	29
2.1.1	<i>Automatización</i>	29
2.1.2	<i>IOT</i>	34
2.1.3	<i>Gateway</i>	36
2.1.4	<i>Monitoreo remoto</i>	38
2.1.5	<i>Programación</i>	40
2.1.6	<i>Sensores</i>	40
2.1.7	<i>Visual Code</i>	42
2.1.8	<i>MAX 485 RS482 - TTL</i>	42
2.1.9	<i>ASM1117 - 3.3v</i>	43
2.1.10	<i>ESP32</i>	44
2.1.11	<i>Platformio</i>	45
2.1.12	<i>Protoboard</i>	45
2.1.13	<i>Calidad del agua</i>	46
2.1.14	<i>Modbus RTU</i>	47
2.1.15	<i>LM7805</i>	47
2.1.16	<i>L7805CD2T-TR</i>	47
2.1.17	<i>SN65HVD11-HT</i>	48
2.1.18	<i>Condensador</i>	49
2.1.19	<i>Resistencia</i>	50
III.	MÉTODO	51
3.1	Tipo de investigación	51
3.2	Ámbito temporal y espacial	52

3.2.1	<i>Ámbito temporal</i>	52
3.2.2	<i>Ámbito espacial</i>	52
3.3	Variables.....	52
3.3.1	<i>Variable independiente</i>	52
3.3.2	<i>Variable dependiente</i>	53
3.4	Población y muestra	53
3.4.1	<i>Población</i>	53
3.4.2	<i>Muestra</i>	54
3.5	Instrumentos	55
3.5.1	<i>Técnica e instrumento</i>	55
3.6	Procedimientos	55
3.6.1	<i>Análisis inicial del sistema</i>	56
3.6.2	<i>Análisis posterior a la automatización del sistema</i>	58
3.6.3	<i>Esquema electrónico del sistema propuesto</i>	59
3.6.4	<i>Criterio de selección de componentes</i>	61
3.6.5	<i>Instalación y configuración del entorno de desarrollo</i>	65
3.6.6	<i>Programación del firmware para el ESP32</i>	67
3.6.7	<i>Validación de funcionamiento del sensor</i>	69
3.6.8	<i>Validación previa del circuito en protoboard</i>	71
3.6.9	<i>Conexión del gateway con el sensor de turbiedad</i>	73
3.6.10	<i>Diseño del gateway en una PCB</i>	73
3.6.11	<i>Configuración de la plataforma ThingsBoard Cloud</i>	74
3.6.12	<i>Implementación del Gateway en campo</i>	78

3.7	Análisis de datos	78
3.7.1	<i>Análisis descriptivo</i>	78
3.7.2	<i>Análisis inferencial</i>	79
3.8	Consideraciones éticas.....	79
IV.	RESULTADOS	81
4.1	Instalación del sensor.....	81
4.2	Estadística descriptiva	88
4.2.1	<i>Usabilidad del sistema</i>	89
4.2.2	<i>Frecuencia de excedencia</i>	91
4.3	Estadística inferencial.....	94
4.3.1	<i>Hipótesis específica 1</i>	94
4.3.2	<i>Hipótesis específica 2</i>	96
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	99
VI.	CONCLUSIONES	101
VII.	RECOMENDACIONES.....	102
VIII.	REFERENCIAS.....	103
IX.	ANEXOS	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Gateway basado en IoT	37
Figura 2. Transceptor para comunicación.....	43
Figura 3. Regulador de voltaje.....	44
Figura 4. Microcontrolador ESP32	45
Figura 5. Protoboard	46
Figura 6. Regulador de voltaje.....	48
Figura 7. Transceptor RS485	49
Figura 8. Condensadores.....	50
Figura 9. Resistencias	50
Figura 8. Sistema de medición manual de turbiedad.	57
Figura 9. Sistema de medición automatizado de turbiedad.	58
Figura 10. Esquemático del gateway	59
Figura 11. Enrutamiento del Gateway	60
Figura 12. Diseño de la PCB en 3D.....	61
Figura 13. Instalación del software de código abierto	65
Figura 14. Instalación de la extensión PlatformIO IDE.....	66
Figura 15. Configuración del entorno para la implementación del código.....	67
Figura 16. Compilación exitosa del código de programación	68
Figura 17. Sensor solitax Ts-line	69
Figura 18. Sensor en la muestra de agua.....	70

Figura 19. Sensor en la muestra de agua.....	70
Figura 20. Prototipo en protoboards	71
Figura 21. Carga de firmware al ESP32	72
Figura 22. Conexión entre el gateway protoboard y el sensor de turbiedad.....	73
Figura 23. Diseño del gateway.....	74
Figura 24. Creación de cuenta	75
Figura 25. Creación del dispositivo	76
Figura 26. Validación de conectividad mediante MQTT	77
Figura 27. Creación del panel de supervisión.....	78
Figura 28. Soporte de estructura	81
Figura 29. Instalación del sensor de turbiedad.....	82
Figura 30. Instalación del tubo SCH-80 en la estructura	83
Figura 31. Parte superior e inferior de conexión y protección.....	84
Figura 32. Conexión del sensor de turbiedad al conector industrial.....	85
Figura 33. Conexión del conector industrial al Gateway.....	85
Figura 34. Asignación de pines del conector del sensor.....	86
Figura 35. Enumeración de pines del conector.....	86
Figura 36. Sensor de turbiedad en la salida de planta.....	87
Figura 37. Visualización de datos obtenidos en la thingsBoard cloud.	88
Figura 38. Comparación diaria de usabilidad del sistema en el pre test y post test.....	90
Figura 39. Comparación del resultado de pre test y post test de la usabilidad del sistema	91

Figura 40. Comparación diaria de la frecuencia de excedencia en el pre test y post test.93

Figura 41. Comparación del resultado de pre test y post test de la frecuencia de excedencia 93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Selección del transceptor RS-485	62
Tabla 2 Selección del regulador de voltaje	63
Tabla 3 Selección del microcontrolador	64
Tabla 5 Resumen de procesamiento de casos	89
Tabla 6 Estadístico descriptivo	89
Tabla 7 Estadística descriptiva de usabilidad del sistema	90
Tabla 8 Resumen de procesamiento de casos	91
Tabla 9 Estadístico descriptivo	92
Tabla 10 Estadística descriptiva de frecuencia de excedencia.....	92
Tabla 11 Prueba de normalidad Shapiro – Wilk.....	95
Tabla 12 Estadístico de prueba	96
Tabla 13 Prueba de normalidad Shapiro – Wilk.....	97
Tabla 14 Estadístico de prueba	98

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar la influencia de la implementación de un gateway basado en Internet de las Cosas sobre el monitoreo remoto en una entidad prestadora de servicios de saneamiento de Lima durante el año 2026. Se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, con nivel descriptivo y explicativo, y diseño preexperimental. La población estuvo conformada por los valores diarios de la turbiedad del agua, expresado en unidades nefelométricas de turbidez, empleándose un estudio censal. La recolección de datos se realizó mediante la técnica de observación directa y fichas de registro. La información del sistema convencional fue obtenida mediante registros manuales con un turbidímetro portátil digital, mientras que la información del sistema propuesto se obtuvo a través de un gateway basado en Internet de las Cosas conectado con un sensor de turbidez, que transmitió los datos en formato JSON hacia una plataforma de monitoreo remoto. El procesamiento de los datos se efectuó con Microsoft Excel y el análisis estadístico con el programa Statistical Package for the Social Sciences versión 32. Los resultados demostraron que la implementación del gateway influyó positivamente y redujo la frecuencia de excedencia en un 99.72 %. Asimismo, la usabilidad del sistema se incrementó en un 9.60 %. Se concluye que la solución implementada constituye una alternativa tecnológica viable para fortalecer el monitoreo remoto y favorecer la toma de decisiones en la gestión de la calidad del agua.

Palabras clave: usabilidad del sistema, frecuencia de excedencia, monitoreo remoto, internet de las cosas, calidad del agua.

ABSTRACT

The aim of this research was to determine the influence of implementing an Internet of Things-based gateway on remote monitoring in a water utility company in Lima during 2026. The study followed a quantitative approach and was classified as applied research with a descriptive and explanatory level, using a pre-experimental design. The population consisted of daily water turbidity readings, expressed in nephelometric turbidity units, using a census study. Data were collected through direct observation using record sheets. Information from the conventional system was obtained through manual measurements performed with a portable digital turbidimeter, whereas data from the proposed system were collected through an Internet of Things-based gateway connected to a turbidity sensor, which transmitted data in JavaScript Object Notation format to a remote monitoring platform. Data processing was carried out using Microsoft Excel, and statistical analysis was performed with Statistical Package for the Social Sciences version 32. The results showed that the gateway implementation had a positive influence on remote monitoring by reducing the exceedance frequency by 99.72%. In addition, system usability increased by 9.60%. It is concluded that the proposed solution represents a viable technological alternative for strengthening remote monitoring and supporting decision-making in water quality management.

Keywords: system usability, exceedance frequency, remote monitoring, Internet of Things, water quality.

I. INTRODUCCIÓN

El monitoreo de la calidad del agua en tiempo real permite supervisar continuamente parámetros como pH, conductividad, turbiedad, sólidos suspendidos, oxígeno disuelto, etc mediante sensores analógicos o digitales, estos dispositivos electrónicos miden el parámetro del agua. Lo que permite visualizar información desde cualquier parte, sin la necesidad de estar físicamente en el punto de medición, utilizando dispositivos electrónicos (IoT) para la transferencia de información y poder agilizar la toma de decisiones ante posibles variaciones en la calidad del agua.

Actualmente, el Internet de las Cosas (IoT) tiene una presencia significativa en el desarrollo de sistemas orientados al monitoreo y la automatización, debido a su capacidad para conectar dispositivos electrónicos a internet. Con esto es posible monitorear y controlar dispositivos de manera remota a través de un aplicativo móvil o plataforma web. En ese sentido, uno de los componentes más importante es un gateway como el microcontrolador ESP32 que procesa datos, recopila y envía al internet. Esto representa una alternativa eficiente para mejorar el monitoreo remoto de variables fisicoquímicas del agua, facilitando el control continuo de la salud pública o ambiental.

Por ello, la presente investigación propone el diseño e implementación de un gateway basado en IoT para el monitoreo remoto de la calidad del agua específicamente en una EPS (Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento), permitiendo la adquisición de datos mediante sensores, la transmisión remota de información y la supervisión continua de variables críticas relacionadas con la calidad del recurso hídrico. Asimismo, se busca contribuir al fortalecimiento de los procesos de control y seguimiento mediante herramientas tecnológicas que optimicen la gestión de datos y la toma de decisiones.

El Capítulo I presenta el planteamiento del problema, los antecedentes de investigación, los objetivos, la justificación y las hipótesis del estudio. El Capítulo II desarrolla el marco

teórico y conceptual relacionado con las tecnologías IoT, gateways, monitoreo remoto y parámetros de calidad del agua. El Capítulo III comprende la metodología de investigación, incluyendo el tipo, nivel y diseño de investigación, además de la población, muestra, técnicas e instrumentos utilizados. El Capítulo IV presenta el desarrollo e implementación del sistema propuesto, así como los resultados obtenidos durante las pruebas de funcionamiento. El Capítulo V contiene la discusión de resultados en comparación con investigaciones previas. Finalmente, el Capítulo VI presenta las conclusiones, el Capítulo VII las recomendaciones, el Capítulo VIII las referencias bibliográficas y el Capítulo IX los anexos correspondientes.

1.1 Descripción y formulación del problema

1.1.1 Descripción del problema

En el contexto actual la medición de la calidad del agua se encuentra presente en cada institución que entrega el servicio de agua potable, esto ha llevado a un mayor control de los parámetros del agua con equipos en proceso, para facilitar la toma de decisiones más eficientes y oportunas; sin embargo, muchas de estas empresas no cuentan con los recursos económicos necesarios para implementar sistemas de monitoreo en tiempo real, lo que limita la disponibilidad oportuna de la información.

Para el nivel internacional, el acceso al agua potable de calidad constituye una problemática global reconocida por organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud, la cual establece que el agua destinada al consumo humano no debe superar los 5 NTU e idealmente debe estar por debajo de 1 NTU para su seguridad microbiológica. A pesar de ello, numerosas plantas de tratamiento en países en desarrollo de América Latina, África y Asia continúan operando con sistemas de monitoreo manual intermitente, lo que genera brechas temporales en la detección de eventos de contaminación y limita la capacidad de respuesta oportuna de los operadores.

A nivel nacional, las EPS del Perú operan bajo la supervisión de la SUNASS y el marco normativo del D.S. N°031-2010-SA del MINSA, que fija en 5 NTU el límite máximo permisible de turbidez para agua potable. Sin embargo, gran parte de las EPS del país, especialmente las medianas y pequeñas ubicadas en provincias, carecen de sistemas automatizados de monitoreo en tiempo real, realizando sus controles de calidad mediante muestreo manual

La empresa se dedica a la administración, operación y mantenimiento de los servicios de agua potable y alcantarillado, esta debe garantizar el abastecimiento continuo del agua apta para la población. En ese contexto la empresa debe controlar la calidad del agua. Esta cuenta con una PTAP (Planta de Tratamiento de Agua Potable) precisamente en la salida de planta se toman mediciones de la turbiedad del agua para verificaciones iniciales cada 4 horas, en la cual el encargado de realizar esta labor es el analista del laboratorio; para realizar la medición este usa un equipo turbidímetro portátil y anota los valores en una bitácora. Posteriormente esta información es compartida de manera periódica a la jefatura inmediata ubicada en la ciudad.

Evidenciando así los siguientes problemas:

- La medición de valores es cada 04 horas. Quiere decir que si el analista realizó la medición a las 13:00 horas no tendrá otra medición hasta las 17:00 horas. Lo que llevaría a una toma de decisión tardía si ocurriera un aumento de turbiedad indebido en el proceso a las 13:10 horas.
- El registro manual en la bitácora podría presentar limitaciones asociadas a errores involuntarios de digitalización, lo que podría llevar a la toma de decisiones incorrectas.
- Pérdida de tiempo y recursos para el traslado del personal, ya que se traslada para realizar la medición de un lugar a otro teniendo en cuenta que la medición debe realizarse inmediatamente ya que, si la turbiedad se sedimenta, el valor puede disminuir.

- El frasco que se usa para la medición requiere estar en buenas condiciones ya que debido a cualquier ralladura, mancha o contaminación puede afectar la precisión de la medición.
- Ausencia de un monitoreo remoto en tiempo real y paneles de visualización para la toma de decisiones más precisas y oportunas.
- Quejas de la ciudadanía ante la turbiedad del agua por afectaciones a la salud pública ya que existe una diferencia de 4 horas para una toma de decisión.

La principal causa que genera esto es la inexistencia de un sistema automatizado de monitoreo remoto, que reemplace el proceso manual. La dependencia de métodos de medición in situ que se ve afectada por factores externos. La ausencia de protocolos ante variaciones en la turbiedad del agua.

Esta situación podría llevar a un futuro inmediato a que la población de la provincia donde se realiza el estudio presente malestar de salud por el agua que consumen que presenta turbiedad y a mediano plazo, quejas de la población a la entidad a posibles sanciones de parte de DIGESA y a largo plazo, ausencia de datos para un análisis de predicción sobre la calidad del agua. Para ello la presente investigación busca implementar un gateway basado en IoT para el monitoreo remoto y así poder tener un mejor control de la calidad del agua.

1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general. ¿De qué manera una implementación de un gateway basado en IoT influye positivamente en el monitoreo remoto en una EPS, Lima 2026?

1.1.2.2. Problema específico. PE1: ¿De qué manera una implementación de un gateway basado en IoT influye positivamente en la usabilidad del sistema del monitoreo remoto en una EPS, Lima 2026?

PE2: ¿De qué manera una implementación de un gateway basado en IoT influye positivamente en la frecuencia de excedencia del monitoreo remoto en una EPS, Lima 2026?

1.2 Antecedentes

1.2.1 Antecedentes internacionales

Macias y Loor (2024), autores de la investigación “Diseño e implementación de prototipo IoT para el monitoreo de parámetros ambientales y de consumo de energía aplicados a datacenters utilizando hardware de bajo costo y servicios web”, tesis presentada en la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador, la investigación tuvo como propósito desarrollar e implementar un prototipo basado en IoT para supervisar parámetros ambientales y consumo energético en datacenters, empleando hardware de bajo costo y servicios web para asegurar la adecuada operación de los equipos y prevenir fallas operativas. Para ello, se desarrolló un sistema basado en un microcontrolador ESP32 conectado a sensores de temperatura, humedad ambiental, humedad del suelo y consumo eléctrico, permitiendo recopilar y transmitir información mediante redes inalámbricas y un servidor MQTT hacia plataformas en la nube como Ubidots. Los resultados obtenidos demostraron que el prototipo permitió supervisar continuamente las condiciones ambientales y eléctricas del datacenter, facilitando la detección temprana de anomalías relacionadas con sobrecalentamientos, incendios, inundaciones o interrupciones del servicio. Asimismo, la implementación de alertas automáticas vía correo electrónico mediante la plataforma Ubidots permitió fortalecer la capacidad de respuesta frente a eventos críticos y optimizar el monitoreo remoto de los parámetros evaluados. Se concluyó que el uso de tecnologías IoT, microcontroladores ESP32 y servicios web en la nube constituye una alternativa eficiente para la supervisión remota de variables ambientales y energéticas en infraestructuras tecnológicas críticas. De este antecedente se consideró la utilización del protocolo MQTT y plataformas en la nube para la transmisión, almacenamiento y gestión remota de datos provenientes de sensores,

contribuyendo al desarrollo de un gateway para el monitoreo continuo de la calidad del agua en una EPS.

Silva (2025), autor de la investigación “Diseño e implementación de un Sistema Portátil de Monitoreo de Variables Ambientales Basado en IoT en la Universitaria Agustiniana”, desarrollada en Bogotá. La investigación tuvo como objetivo desarrollar un sistema portátil de monitoreo ambiental basado en tecnologías IoT para medir y visualizar en tiempo real variables como temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, altitud e índice de calidad del aire dentro del campus universitario. Para ello, se implementó un sistema compuesto por el sensor BME680 y un microcontrolador ESP32, responsable de transmitir la información utilizando el protocolo MQTT hacia un servidor local para su procesamiento y visualización. Los resultados obtenidos evidenciaron que el sistema permitió monitorear continuamente diferentes parámetros ambientales en diversas zonas del campus universitario, facilitando el análisis de las condiciones ambientales mediante una plataforma desarrollada en Node-RED. Asimismo, el prototipo demostró un funcionamiento estable durante las pruebas de campo, permitiendo la consulta de datos en tiempo real e históricos de las mediciones realizadas en distintos sectores evaluados. Se concluyó que la vinculación de sensores ambientales, comunicación inalámbrica y plataformas de visualización en tiempo real constituye una alternativa práctica y funcional para el monitoreo ambiental en entornos académicos. De este antecedente se consideró la implementación de plataformas de visualización en tiempo real para facilitar la supervisión del dato de turbiedad, permitiendo mejorar el seguimiento y control de parámetros relacionados con la calidad del agua en una EPS.

Cabrera (2025), autor de la investigación “Sistema de monitoreo automatizado con tecnologías IoT en el área de la producción en las fincas cafeteras”, desarrollada en la universidad CESMAG en Nariño, tuvo como objetivo implementar un sistema de monitoreo automatizado basado en tecnologías IoT para optimizar la producción cafetera mediante el

control y seguimiento de variables que influyen en el cultivo. El estudio surge debido a que gran parte de la producción agrícola continúa dependiendo de métodos tradicionales y empíricos, limitando la eficiencia y sostenibilidad de los procesos productivos. La investigación señala que el uso del Internet de las Cosas permite obtener información precisa y de forma instantánea, respecto de variables como la humedad del suelo, temperatura y exposición solar, facilitando la toma de decisiones relacionadas con el riego, el control de plagas y el manejo general del cultivo. Asimismo, se destaca que la automatización del monitoreo contribuye a reducir el desperdicio de recursos, minimizar el uso de agroquímicos y mejorar tanto la calidad como la productividad del café, fortaleciendo además el desarrollo económico de las comunidades rurales. Se concluyó que la implementación de sistemas automatizados de monitoreo mediante tecnologías IoT representa una alternativa eficiente para optimizar procesos agrícolas y mejorar el control de variables críticas en tiempo real. De este antecedente se consideró la contribución de las tecnologías IoT a la disminución de la frecuencia de excedencia de datos críticos, mediante el monitoreo continuo de la variable de turbiedad y la detección oportuna de eventos que superen los límites establecidos.

Araujo y Vallejo (2024), autores de la investigación “Sistema de monitoreo basado en IoT para la replicabilidad de datos en los cultivos de café en el municipio de Taminango” presenta en la universidad CESMAG en Nariño, tuvo como finalidad abordar las dificultades relacionadas con la replicabilidad y análisis de datos en los cultivos de café del municipio de Taminango, debido a la variabilidad de las condiciones climáticas y la limitada disponibilidad de herramientas tecnológicas para el monitoreo continuo de variables del suelo. Para ello, se desarrolló un sistema basado en IoT orientado a la recolección, visualización e información ambiental obtenida de forma continua, permitiendo optimizar la determinación de acciones en los procesos de producción cafetera. Los resultados obtenidos evidenciaron que el sistema permitió registrar y visualizar datos relacionados con variables como humedad y temperatura

del suelo mediante sensores conectados a una plataforma de monitoreo. Asimismo, la integración de tecnologías IoT y del protocolo MQTT facilitó la gestión y procesamiento de información, permitiendo representar los datos de manera gráfica y mejorar la disponibilidad de información confiable para los agricultores. Además, el desarrollo de un dashboard posibilitó la supervisión en tiempo real de los parámetros monitoreados y contribuyó a evaluar la funcionalidad y disponibilidad del sistema implementado. Se concluyó que los sistemas de monitoreo basados en IoT constituyen una herramienta eficiente para la obtención y despliegue de datos ambientales en tiempo real, favoreciendo el control de variables mediante información precisa y accesible. De este antecedente se consideró el uso de dashboards, fichas de registro, herramientas de visualización de datos y la usabilidad del sistema para el seguimiento, información disponible y control de información obtenida mediante sensores IoT, contribuyendo a mejorar la supervisión continua y la gestión de datos en el monitoreo remoto de la calidad del agua en una EPS.

Correa (2023), autor de la investigación titulada “Diseño e implementación de un sistema descentralizado remoto, basado en tecnologías IoT y de código abierto, para la adquisición de variables eléctricas y control de un motor de inducción trifásico”, tesis presentada en la Universidad de Antioquia, Colombia, tuvo como objetivo implementar un sistema descentralizado remoto basado en tecnologías IoT y herramientas de código abierto para la adquisición y control de variables eléctricas en un motor de inducción trifásico. Para ello, se diseñó e implementó una arquitectura compuesta por dispositivos de hardware y software de código abierto, integrados mediante comunicación inalámbrica y conectados a un servidor IoT en la nube, permitiendo el monitoreo y control remoto de las variables eléctricas del sistema. Los resultados obtenidos demostraron que el sistema permitió supervisar en tiempo real variables como tensión, corriente, velocidad y temperatura de operación del motor, además de ejecutar acciones de control remoto, tales como arranque, parada, variación de velocidad e

inversión del sentido de giro. Asimismo, la plataforma IoT implementada posibilitó el almacenamiento de información en la nube, la visualización de datos mediante interfaces web y la generación de alarmas automáticas ante condiciones anormales de funcionamiento. Las pruebas realizadas en las instalaciones del laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Universidad de Antioquia evidenciaron un desempeño adecuado del sistema bajo condiciones similares a las encontradas en entornos industriales. Se concluyó que la integración de tecnologías IoT, comunicación inalámbrica y plataformas de código abierto constituye una alternativa eficiente para el monitoreo y control remoto de sistemas eléctricos, facilitando la supervisión continua, la gestión de datos y el mantenimiento predictivo. De este antecedente se consideró la implementación de software de código abierto para la visualización de datos provenientes del sensor de turbiedad, permitiendo el monitoreo remoto y el almacenamiento de información histórica.

1.2.2 Antecedentes nacionales

Ramos (2024), autor de la investigación “Influencia de la IoT en la automatización de control de temperatura y humedad en invernaderos del distrito de Pampas” en la Universidad Nacional del Centro del Perú. La investigación tuvo como objetivo diseñar un sistema automático basado en IoT para mejorar el monitoreo de temperatura y humedad en invernaderos del distrito de Pampas. Para ello, se definieron tecnologías de comunicación y automatización adecuadas para el enlace y transmisión de datos, además de realizar la programación e implementación del sistema para su validación. Los resultados evidenciaron que el sistema implementado permitió incrementar el tiempo de exposición de los cultivos a rangos permisibles de temperatura y humedad, logrando un monitoreo más eficiente y continuo de las variables ambientales en tiempo real. El estudio permitió evidenciar que la incorporación de tecnologías IoT y sistemas automatizados contribuye significativamente al monitoreo eficaz y remoto de variables ambientales críticas, permitiendo mejorar el control y supervisión de condiciones

operativas en tiempo real. De este antecedente se consideró el uso de sistemas de telemetría y automatización para el monitoreo continuo de variables mediante sensores conectados, contribuyendo al desarrollo de mecanismos de supervisión remota y control automatizado aplicables al monitoreo de la calidad del agua en una EPS.

Damiano et al., (2025) autores de la tesis “Aplicación del monitoreo remoto de la calidad del agua para mejorar las condiciones de salud de la tilapia durante su traslado en camión a zonas rurales de Piura, Perú, 2024”, presentado en la Universidad Nacional del Callao, Perú, tuvo como objetivo aplicar el Internet de las Cosas (IoT) en el monitoreo remoto de la calidad del agua para mejorar las condiciones de salud de las tilapias durante el desplazamiento terrestre. La metodología empleada se basó en un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y con un diseño no experimental transversal. La población estuvo integrada por 52 encuestados, entre productores de tilapia, técnicos de acuicultura y proveedores encargados del transporte de las tilapias en las zonas rurales de Piura. Los resultados demostraron que la utilización de tecnología IoT para supervisar remotamente la calidad del agua mejoró significativamente las condiciones de las tilapias durante su traslado, obteniendo un R cuadrado de 94.6 %, lo que permite interpretar una variación positiva de la variable dependiente. Asimismo, el monitoreo constante permitió minimizar el estrés de los peces durante el transporte, estabilizando parámetros críticos del agua como la temperatura, turbidez y nivel de pH. Para ello, se implementó un sistema basado en un ESP8266 conectado a sensores, los cuales enviaban información mediante el protocolo MQTT hacia una Raspberry Pi 4B, permitiendo visualizar los datos en tiempo real mediante una interfaz gráfica y alertas de mensajería ante posibles variaciones. Se concluyó que el monitoreo remoto de la calidad del agua mediante tecnologías IoT incrementa la capacidad de respuesta frente a cambios inesperados en las condiciones del agua, permitiendo que las tilapias lleguen en mejores condiciones de salud y resistencia a su destino. De este antecedente se tomó como referencia

el enfoque cuantitativo y de tipo de investigación aplicada, por la similitud metodológica de la presente investigación.

Gonzales (2026), autora de la investigación “Monitoreo de la calidad del agua para zonas rurales mediante un sistema de sensores de bajo costo basados en IoT”, presentado por la Universidad Nacional de San Marcos en Perú, tuvo como objetivo diseñar e implementar un sistema de monitoreo de calidad del agua basado en sensores de bajo costo integrados a una arquitectura IoT, permitiendo la transmisión de datos en tiempo real en zonas rurales con limitada infraestructura tecnológica. El estudio se desarrolló en el sector Chuina, distrito de Morales, región San Martín, empleando una metodología aplicada orientada al diseño e implementación de un sistema compuesto por un Arduino Mega 2560, sensores de pH, turbidez, temperatura, TDS y conductividad eléctrica, además de módulos GSM y almacenamiento microSD. Los resultados obtenidos evidenciaron que el sistema logró recopilar y transmitir de manera automática 2880 registros durante 60 días de monitoreo continuo, permitiendo supervisar parámetros fisicoquímicos del agua y emitir alertas SMS ante variaciones fuera de los límites establecidos. Asimismo, mediante técnicas estadísticas y el uso del algoritmo K-Means, se identificaron agrupamientos relacionados con la calidad del agua, demostrando que el sistema funcionó de forma robusta, autónoma y confiable en ambientes rurales con dificultades de conectividad. Se concluyó que la implementación de tecnologías IoT y sensores inteligentes de bajo costo representa una alternativa eficiente y replicable para el monitoreo continuo de la calidad del agua, fortaleciendo la vigilancia ambiental y la toma de decisiones oportunas frente a posibles eventos de contaminación. De este antecedente se consideró la implementación de un gateway basado en IoT de bajo costo para el monitoreo de parámetros fisicoquímicos del agua, permitiendo desarrollar una solución accesible y funcional para la supervisión continua de la calidad del agua.

Klusmann y Guillermo (2024), autor de la investigación titulada “Diseño de una arquitectura de Internet de las Cosas (IoT) para el monitoreo de la calidad del aire en zonas de impacto ambiental de operaciones mineras a tajo abierto”, desarrollada en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Perú, tuvo como objetivo diseñar una arquitectura IoT orientada al monitoreo de la calidad del aire en entornos mineros, empleando sensores económicos y tecnología de comunicación LoRaWAN para la transmisión de datos a larga distancia. Para el desarrollo de la propuesta se utilizaron sensores PMS7003 para la medición de material particulado PM2.5, integrados con dispositivos de comunicación LoRa que permitieron el envío de información hacia un gateway encargado de gestionar la red y almacenar los datos en una base de datos especializada para series temporales. Asimismo, se implementó un entorno digital que permite visualizar en tiempo real el análisis de la información recopilada y la configuración de alertas ante posibles eventos de contaminación ambiental. Los resultados evidenciaron que la arquitectura propuesta permitió la supervisión continua de la calidad del aire, proporcionando información oportuna para la identificación de patrones de contaminación y el monitoreo de variables ambientales en zonas de influencia minera. Además, el empleo de tecnologías IoT y comunicación LoRaWAN constituye una opción eficiente para transmitir datos en áreas extensas, garantizando flexibilidad y escalabilidad en la implementación del sistema. Se concluyó que la integración de sensores ambientales, redes IoT y plataformas de gestión de datos constituye una solución eficaz para el monitoreo remoto de variables ambientales en entornos de alta sensibilidad. De este antecedente se consideró la relación existente entre la variable independiente y la variable dependiente, el cual sirvió como referencia para la investigación de la presente tesis.

Cruz (2024), autor de la investigación “Implementación de un sistema IoT para el monitoreo del OEE en tiempo real de máquinas termoformadoras de una empresa del sector plástico”, tuvo como objetivo implementar un sistema IoT que permitiera monitorear en tiempo

real el indicador OEE (Overall Equipment Effectiveness) en máquinas termoformadoras, con la finalidad de mejorar el control de los procesos productivos y facilitar la toma de decisiones. Para ello, desarrolló una solución basada en tecnologías IoT que integró un microcontrolador para la visualización de información relacionada con la disponibilidad, rendimiento y calidad de las máquinas. Los resultados evidenciaron que el sistema permitió disponer de información actualizada sobre el funcionamiento de los equipos, mejorando la precisión en el registro de datos y reduciendo significativamente los tiempos de visualización de la información. Asimismo, la implementación del monitoreo en línea facilitó la detección de eventos operativos y optimizó el seguimiento de los indicadores de producción, contribuyendo a una gestión más eficiente de los procesos industriales. Se concluyó que la integración de tecnologías IoT y herramientas de software de código abierto constituye una alternativa efectiva para el monitoreo y control de procesos productivos, permitiendo disponer de información confiable y oportuna para la toma de decisiones. De este antecedente se tomó como referencia la programación del microcontrolador utilizado para la adquisición, procesamiento y transmisión de datos en tiempo real. Este aporte contribuyó al desarrollo del firmware del ESP32.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar la influencia de la implementación de un gateway basado en IoT sobre el monitoreo remoto en una EPS, Lima 2026.

1.3.2 Objetivos específicos

OE1: Determinar la influencia de la implementación de un gateway basado en IOT sobre la usabilidad del sistema del monitoreo remoto en una EPS, Lima 2026.

OE2: Determinar la influencia de la implementación de un gateway basado en IOT sobre la frecuencia de excedencia del monitoreo remoto en una EPS, Lima 2026.

1.4 Justificación

1.4.1 Justificación práctica

Se justifica prácticamente porque reemplaza el monitoreo manual de turbidez cada cuatro horas por un sistema automatizado que adquiere y transmite datos en tiempo real, eliminando el retraso en la toma de decisiones ante eventos de contaminación del agua que podrían afectar a la población abastecida por la EPS.

1.4.2 Justificación económica

Se justifica económicamente porque desarrolla una solución de monitoreo remoto con componentes electrónicos de bajo costo y plataforma gratuita ThingsBoard Cloud. Al ser un diseño replicable, puede implementarse en diferentes organizaciones.

1.4.3 Justificación social

Se justifica socialmente porque contribuye a la protección de la salud pública al detectar con una mayor rapidez cualquier variación de turbidez que supere el límite de 5 NTU establecido por el D.S. N°031-2010-SA del MINSA, reduciendo el riesgo de distribuir agua fuera del rango normativo a la población.

1.4.4 Justificación tecnológica

Se justifica tecnológicamente porque integra tecnologías IoT, el protocolo de comunicación industrial Modbus RTU sobre interfaz RS-485 y transmisión de datos mediante MQTT hacia una plataforma cloud, demostrando que es posible implementar sistemas de monitoreo industrial con componentes accesibles y herramientas de código abierto, sin depender de soluciones propietarias de alto costo. Validando así la interoperabilidad entre componentes electrónicos y tecnología industrial.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

Hi: La implementación de un gateway basado en IoT influye positivamente en el monitoreo remoto en una EPS, Lima 2026.

Ho: La implementación de un gateway basado en IoT no influye positivamente en el monitoreo remoto en una EPS, Lima 2026.

1.5.2 Hipótesis específica

HE1: La implementación de un gateway basado en IoT influye positivamente en la usabilidad del sistema del monitoreo remoto en una EPS, Lima 2026.

Ho: La implementación de un gateway basado en IoT no influye positivamente en la usabilidad del sistema del monitoreo remoto en una EPS, Lima 2026.

HE2: La implementación de un gateway basado en IoT influye positivamente en la frecuencia de excedencia del monitoreo remoto en una EPS, Lima 2026.

Ho: La implementación de un gateway basado en IoT no influye positivamente en la frecuencia de excedencia del monitoreo remoto en una EPS, Lima 2026.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1 *Automatización*

La automatización es el uso de tecnologías, sistemas y herramientas que permite la ejecución autónoma de tareas y procesos, minimizando la participación directa del ser humano. Su aplicación contribuye a mejorar la eficiencia, productividad y precisión en diferentes actividades, especialmente en entornos empresariales e industriales. Asimismo, la automatización facilita la optimización de procesos repetitivos mediante el empleo de softwares, sistemas de control y dispositivos tecnológicos, permitiendo disminuir tiempos de respuesta, reducir errores y mejorar el flujo de trabajo. En el ámbito de la automatización industrial e IoT, esta tecnología es utilizada para supervisar, controlar y ejecutar operaciones de manera más rápida y eficiente, favoreciendo la adopción de decisiones y el funcionamiento óptimo de los sistemas implementados (Barrera et al.,2024).

Para Pérez (2025), la automatización es la utilización de herramientas tecnológicas para que determinadas tareas o procesos se realicen de manera automática, disminuyendo la intervención manual, mejorando la productividad y optimizando el uso de los recursos dentro de una organización.

Según Sidorov (2024), consiste en la incorporación de tecnologías que permiten ejecutar tareas y procedimientos de manera automática, facilitando una gestión más rápida, precisa y eficiente de las operaciones dentro de una organización.

2.1.1.1 Importancia. De acuerdo al autor Pérez (2025), la automatización constituye una herramienta fundamental en los procesos tecnológicos modernos, debido a que permite ejecutar actividades de supervisión y control de manera más eficiente mediante sistemas digitales y dispositivos inteligentes. Su aplicación favorece la disminución de tareas manuales,

mejora la precisión de la información obtenida y optimiza el desempeño operativo de las organizaciones. De igual manera, la automatización facilita el monitoreo permanente de procesos, permitiendo detectar anomalías en menor tiempo y mejorar la capacidad de respuesta ante fallas. En sistemas de supervisión remota sustentados en tecnologías IoT, posibilita la recopilación y transferencia automática de información mediante sensores y gateways conectados a la red. En una EPS, la automatización resulta importante para supervisar variables hidráulicas y operativas, tales como presión, caudal, niveles de almacenamiento y funcionamiento de bombas, contribuyendo hacia una administración optimizada de los recursos y a la continuidad del servicio de agua.

2.1.1.2 Tipos de automatización. Según Granados et al., (2025) indica que existen tipos de automatización, los cuales son los siguientes

A. Automatización flexible. La automatización flexible se caracteriza por su capacidad para adaptar los procesos y sistemas a diferentes tareas u operaciones de manera rápida y eficiente. Se distingue por combinar la estabilidad de la automatización fija con la capacidad de adaptación de la automatización programable, permitiendo que los equipos puedan modificar sus funciones según las necesidades del proceso. Este tipo de automatización utiliza sistemas programables, sensores y tecnologías de control que facilitan realizar cambios en la producción sin necesidad de reemplazar completamente los equipos o detener por largos periodos las operaciones. Gracias a ello, las organizaciones pueden mejorar la eficiencia, optimizar recursos y responder de manera más rápida a las variaciones en los procesos industriales. Asimismo, la automatización flexible favorece la supervisión y control de múltiples operaciones mediante sistemas inteligentes, permitiendo incrementar la productividad, reducir tiempos de respuesta y mejorar el desempeño de los procesos automatizados. Por esta razón, es ampliamente utilizada en entornos industriales donde se requiere mayor adaptabilidad, monitoreo continuo y optimización operativa.

B. Automatización programable. La automatización programable es un tipo de automatización en la que los equipos y sistemas pueden ser configurados o reprogramados para ejecutar diferentes tareas y procesos según las necesidades de operación. Se caracteriza por brindar mayor flexibilidad en comparación con la automatización fija, debido a que permite modificar las funciones del sistema sin realizar cambios permanentes en los equipos. Asimismo, este tipo de automatización utiliza programas, controladores y sistemas electrónicos que facilitan adaptar la producción o las operaciones a distintas actividades. Gracias a ello, es posible fabricar diferentes productos o supervisar diversos procesos utilizando la misma infraestructura tecnológica. La automatización programable contribuye a mejorar la eficiencia, optimizar recursos y reducir tiempos de operación, siendo ampliamente utilizada en entornos industriales donde se requiere variabilidad en los procesos y capacidad de adaptación frente a diferentes necesidades operativas.

C. Automatización fija. La automatización fija es un tipo de automatización en la que las operaciones y tareas se ejecutan siguiendo una secuencia previamente establecida mediante equipos, máquinas y sistemas configurados para realizar funciones específicas. Este tipo de automatización se caracteriza por mantener procesos repetitivos y continuos, donde las actividades se desarrollan de manera constante y con poca variación. Asimismo, la automatización fija está diseñada para trabajar en procesos de alta producción, permitiendo realizar operaciones con mayor rapidez, precisión y eficiencia. Debido a que la configuración de los equipos permanece estable, presenta menor flexibilidad para modificar las tareas o adaptarse a nuevos procesos. Sin embargo, contribuye a optimizar el rendimiento operativo y reducir la intervención manual en actividades repetitivas.

D. Automatización industrial. La automatización industrial comprende el empleo de tecnologías, sistemas de control, sensores y dispositivos electrónicos para supervisar, controlar y ejecutar procesos industriales de manera automática, reduciendo la intervención directa del

ser humano. Su finalidad busca optimizar la eficiencia operativa, incrementar la productividad y optimizar el funcionamiento de los procesos dentro de diferentes entornos industriales. Asimismo, la automatización industrial permite realizar monitoreo en tiempo real, control remoto de equipos y procesamiento automático de información mediante el uso de sistemas inteligentes y redes de comunicación. Gracias a ello, las organizaciones pueden reducir errores operativos, minimizar tiempos de respuesta y optimizar el uso de recursos dentro de sus operaciones. Este tipo de automatización integra herramientas como sensores, actuadores, controladores programables, sistemas y tecnologías IoT, las cuales facilitan la supervisión continua de variables y procesos industriales. Además, contribuye a mejorar la seguridad, calidad y estabilidad de las operaciones mediante sistemas automatizados capaces de detectar fallas y responder de manera más rápida y eficiente. Sin embargo, la automatización industrial también presenta ciertos desafíos, debido a que la incorporación de tecnologías automatizadas puede reducir la necesidad de intervención humana en algunas tareas operativas. A pesar de ello, su implementación continúa siendo fundamental en la transformación tecnológica de las industrias, ya que permite modernizar procesos y mejorar el desempeño de los sistemas productivos y de monitoreo.

E. Automatización de procesos. La automatización de procesos consiste en incorporar soluciones tecnológicas que posibilitan la ejecución autónoma de diversas actividades y operaciones, disminuyendo la necesidad de participación manual en diferentes tareas. Su objetivo principal es optimizar el desarrollo de los procesos, elevar la eficiencia de los procesos y favorecer una mayor productividad dentro de las organizaciones. Asimismo, la automatización de procesos facilita la ejecución automatizada de actividades repetitivas utilizando sistemas de control, sensores, software y equipos tecnológicos capaces de operar de forma continua y precisa. Gracias a ello, es posible disminuir errores humanos, reducir tiempos de ejecución y optimizar el uso de recursos y materiales. Además, este tipo de automatización

contribuye a incrementar la velocidad de producción y mejorar el desempeño de las operaciones, permitiendo un mayor control y supervisión de los procesos en tiempo real. De igual manera, favorece la modernización de las organizaciones al integrar tecnologías inteligentes que permiten mejorar la calidad, seguridad y eficiencia de las actividades desarrolladas.

2.1.1.3 Ventajas de la automatización. Según Granda et al., (2023), indica que la automatización tiene ventajas, las cuales son las siguientes:

- Incremento de la productividad.
- Reducción de tareas repetitivas.
- Mayor eficiencia operativa.
- Disminución de errores humanos.
- Mayor confiabilidad en los procesos.
- Mejor control y supervisión de actividades.
- Optimización del tiempo de operación.
- Mejora en la calidad de los procesos.
- Reducción de interrupciones operativas.
- Mejor gestión de la información.
- Mayor precisión en las operaciones.
- Facilita el monitoreo en tiempo real.

2.1.1.4 Desventajas de la automatización. Según Granda et al., (2023), indica que la automatización tiene desventajas, las cuales son las siguientes:

- Alto costo inicial de implementación.
- Dependencia de sistemas tecnológicos.
- Necesidad de mantenimiento constante.
- Posible reducción de mano de obra en algunas tareas.

- Requiere capacitación del personal.
- Pérdida de flexibilidad en ciertos procesos.
- Riesgo de fallas técnicas o del sistema.
- Dependencia de energía y conectividad.
- Necesidad de actualización tecnológica continua.
- Adaptación compleja ante cambios operativos.

2.1.2 IOT

El Internet de las Cosas, conocido como IoT (Internet of Things), se trata de una tecnología orientada a interconectar dispositivos físicos mediante sensores, software y redes de comunicación a través de internet. Su finalidad consiste en obtener, transferir y procesar información de manera continua para facilitar el monitoreo, control y automatización de diferentes procesos. Actualmente, el IoT es utilizado en diversos sectores debido a su capacidad para integrar dispositivos inteligentes y mejorar la supervisión remota de información. Asimismo, esta tecnología permite una comunicación eficiente entre equipos electrónicos, contribuyendo a optimizar la gestión de datos y la toma de decisiones en tiempo real (Rojas y Dominguez, 2025).

Es una tecnología que conecta dispositivos físicos a una red para recopilar, intercambiar y procesar información en tiempo real, permitiendo automatizar tareas, optimizar recursos y mejorar la toma de decisiones mediante el análisis de datos (Rodríguez et al., 2024).

El Internet de las Cosas se basa en la comunicación entre objetos inteligentes conectados a una red, los cuales recopilan e intercambian información para mejorar la automatización, el seguimiento y adopción de decisiones en distintos entornos (Pacheco et al., 2023).

2.1.2.1 Beneficios IOT. Según Vargas (2025), el Internet de las Cosas presenta diversos beneficios en la automatización y supervisión de procesos, debido a que permite la vinculación

entre equipos y la transmisión de información de manera continua. Entre los principales beneficios del IoT se encuentran los siguientes:

- Optimización de la eficiencia operativa.
- Automatización de procesos.
- Monitoreo remoto en tiempo real.
- Optimización de los costos asociados a la operación.
- Reducción de la incidencia de errores humanos.
- Aumento de la productividad.
- Fortalecimiento del proceso de toma de decisiones.
- Supervisión y control remoto de sistemas.
- Ahorro energético.
- Interconexión entre dispositivos y tecnologías.

2.1.2.2. Impacto del IOT. Rodríguez et al., (2024), señala el impacto del IOT que tiene en la industria:

El uso del Internet de las Cosas ha producido cambios importantes en la gestión de procesos industriales, al incorporar sistemas que permiten la supervisión constante de equipos y variables mediante el análisis de información en tiempo real. Esta capacidad favorece una operación más eficiente, ya que contribuye a reducir interrupciones, mejorar el aprovechamiento de recursos y optimizar el rendimiento general de los sistemas. En el caso de servicios como los de una EPS, esta tecnología facilita el seguimiento continuo de la infraestructura hidráulica, permitiendo contar con información actualizada que apoya una gestión más oportuna y eficiente de los procesos operativos.

2.1.2.3. Arquitectura del IOT. Torres et al., (2024), menciona la estructura del IOT, de la siguiente manera:

El Internet de las Cosas (IoT) se estructura generalmente bajo un modelo por capas que permite organizar la comunicación entre dispositivos físicos, sistemas de comunicación y entornos destinados al procesamiento de información. Esta arquitectura facilita la integración de sensores, redes y aplicaciones para la supervisión y control de procesos en tiempo real. En la capa de percepción se encuentran los sensores y dispositivos encargados de recolectar información del entorno, como variables físicas o condiciones operativas. Posteriormente, esta información es transmitida a través de la capa de red, la cual utiliza distintos medios de comunicación como redes inalámbricas o cableadas para garantizar el envío de datos hacia sistemas de procesamiento. La capa de procesamiento o de servicios se encarga de almacenar, analizar y gestionar la información recibida, pudiendo apoyarse en entornos locales o en la nube. Finalmente, la capa de aplicación permite la representación de la información y la interacción del usuario con el sistema, facilitando la adopción de decisiones a partir de información actualizada constantemente.

En este contexto, los gateways IoT cumplen un rol fundamental al actuar como intermediarios entre los dispositivos de campo y las plataformas de monitoreo, permitiendo la integración de múltiples sensores y la transmisión eficiente de datos hacia sistemas centrales. En aplicaciones como el monitoreo de una Empresa Prestadora de Servicios (EPS), esta arquitectura permite supervisar variables críticas como presión, caudal y estado de equipos de manera remota y continua.

2.1.3 Gateway

Se trata de un dispositivo o sistema que funciona como enlace entre los sensores o dispositivos IoT y la plataforma de monitoreo o procesamiento de datos. Su función principal es recibir, procesar y transmitir la información recopilada hacia otros sistemas mediante protocolos de comunicación. Asimismo, el gateway permite integrar diferentes dispositivos dentro de una arquitectura IoT, facilitando el intercambio de datos de manera eficiente y segura.

Generalmente, la información es enviada en formatos estructurados, como JSON, para garantizar su correcta interpretación y procesamiento dentro del sistema de monitoreo remoto (Sarmiento, 2025).

Un gateway es un dispositivo o punto de enlace que recibe información de otros dispositivos y la transmite hacia servidores o plataformas en la red, permitiendo la comunicación y transferencia de información entre distintos sistemas (Cuevas et al., 2023).

Figura 1

Gateway basado en IoT



Nota. Elaboración propia, 2026.

2.1.3.1. Beneficios gateway. El autor Esteban et al., (2023), indica que el gateway cumple un papel fundamental dentro de los sistemas IoT, debido a que facilita la comunicación y transferencia de información entre sensores, dispositivos y plataformas de seguimiento. Asimismo, facilita la transmisión y procesamiento de datos de manera continua, contribuyendo a mejorar la supervisión y automatización de diferentes procesos.

Entre las principales funciones del gateway se encuentran:

- Recepción y transmisión de datos.
- Comunicación entre dispositivos IoT.

- Integración de sensores y actuadores.
- Conversión de protocolos de comunicación.
- Procesamiento de información en tiempo real.
- Monitoreo remoto de sistemas.
- Interconexión entre redes y plataformas digitales.

2.1.4 Monitoreo remoto

El monitoreo remoto es un sistema de supervisión que permite controlar y visualizar información a distancia mediante dispositivos tecnológicos y redes de comunicación. Su función es facilitar el seguimiento de procesos de manera continua sin requerir la presencia física del operador en el lugar supervisado. En los sistemas IoT, el monitoreo remoto permite recopilar y transmitir datos generados por sensores para su visualización y análisis, contribuyendo a una supervisión más eficiente y oportuna (Soto et al., 2025).

Es el proceso de supervisar y controlar el estado o funcionamiento de equipos, dispositivos o sistemas a distancia mediante tecnologías de comunicación, permitiendo obtener información en tiempo real para la toma de decisiones y la planificación de acciones de mantenimiento (Leyva y Mayorga, 2023).

Es una modalidad de seguimiento que permite observar y evaluar información a distancia de manera continua, proporcionando retroalimentación oportuna que permite adoptar decisiones, el control de procesos y la mejora de los resultados obtenidos (Loli et al., 2025).

2.1.4.1. Características del monitoreo remoto. Según Quiza et al., (2023), menciona que el monitoreo remoto permite supervisar procesos y equipos mediante sensores, plataformas digitales y tecnologías de comunicación que facilitan la visualización de información en tiempo real. Asimismo, estos sistemas pueden recopilar y analizar datos de diferentes variables con el propósito de fortalecer el control y seguimiento de los procesos monitoreados.

Entre las principales características del monitoreo remoto se encuentran:

- Supervisión en tiempo real.
- Recolección automática de datos.
- Integración con sensores y dispositivos IoT.
- Comunicación mediante plataformas en la nube.
- Procesamiento de información.
- Detección de anomalías y fallas.
- Visualización remota de variables.
- Automatización de procesos de supervisión.

2.1.4.2. Variables monitoreadas en sistemas remotos. Según Quiza et al., (2023) los sistemas de monitoreo remoto permiten supervisar diferentes variables mediante sensores y dispositivos conectados, facilitando el análisis y control de los procesos en tiempo real.

Entre las variables de mayor relevancia se encuentran:

- Temperatura.
- Presión.
- Humedad.
- Vibración.
- Estado operativo de equipos.
- Variables ambientales.

2.1.4.3. Tecnologías utilizadas en el monitoreo remoto. El autor Quiza et al., (2023), comenta que los sistemas de monitoreo remoto integran diferentes tecnologías que permiten recopilar, transmitir y procesar información de manera automática. Estas tecnologías contribuyen a mejorar la supervisión y optimización de los procesos mediante plataformas digitales y sistemas inteligentes.

Entre las principales tecnologías utilizadas destacan:

- Sensores IoT.

- Plataformas en la nube.
- Redes de comunicación inalámbrica.
- Sistemas destinados al tratamiento de información.
- Inteligencia artificial.
- Algoritmos de análisis de datos.
- Sistemas automatizados de supervisión.

2.1.5 Programación

Es el proceso mediante el cual se desarrollan instrucciones y secuencias lógicas utilizando lenguajes informáticos para resolver problemas y ejecutar tareas específicas en un sistema computacional. Asimismo, permite controlar dispositivos, procesar información y automatizar diferentes procesos tecnológicos. Además, la programación favorece el fortalecimiento del pensamiento lógico, la organización de ideas y la solución estructurada de problemas, debido a que requiere planificar procesos, analizar errores y establecer soluciones de manera ordenada y eficiente (Barboza et al., 2025).

Es una disciplina que consiste en crear algoritmos y escribir instrucciones en un lenguaje de programación con el fin de desarrollar soluciones tecnológicas para diferentes necesidades y problemas, aplicando el razonamiento lógico y el pensamiento computacional (Ortiz, 2024).

2.1.6 Sensores

Un sensor es un dispositivo electrónico encargado de detectar, medir y registrar cambios o variables presentes en un entorno físico. Estos dispositivos permiten captar información como temperatura, humedad, presión, vibración, nivel de agua o calidad ambiental, transformándola en señales que pueden ser procesadas por sistemas tecnológicos. En sistemas IoT, los sensores cumplen una función fundamental, ya que permiten la

adquisición de datos en tiempo real para el monitoreo, supervisión y control de diferentes procesos (Ruiz et al., 2025).

Es un dispositivo diseñado para detectar o medir cambios en el entorno o en un objeto y convertir esa información en datos que pueden ser procesados, analizados o transmitidos a otros sistemas (Cerrillo et al., 2024).

Los sensores contribuyen a optimizar el uso de los recursos y mejorar la seguridad, ya que permiten detectar y monitorear diferentes condiciones del entorno en tiempo real (De Giusti, 2023).

2.1.6.1. Tipos de sensores. Según el autor Estrada et al., (2024), entre los principales se encuentran los siguientes:

A. Sensores de temperatura. Permiten medir los cambios de calor o frío en un ambiente o sistema. Son utilizados en sistemas de climatización, monitoreo ambiental y control industrial.

B. Sensores de luz. Se encargan de detectar la intensidad luminosa presente en un entorno. Son aplicados en sistemas de iluminación automática, dispositivos de seguridad y control electrónico.

C. Sensores de presión. Permiten medir la presión de líquidos o gases dentro de un sistema. Son utilizados en procesos industriales, monitoreo de fluidos y sistemas neumáticos.

D. Sensores de movimiento. detectan la presencia o desplazamiento de objetos dentro de un área determinada. Son empleados en sistemas de seguridad, automatización y control de acceso.

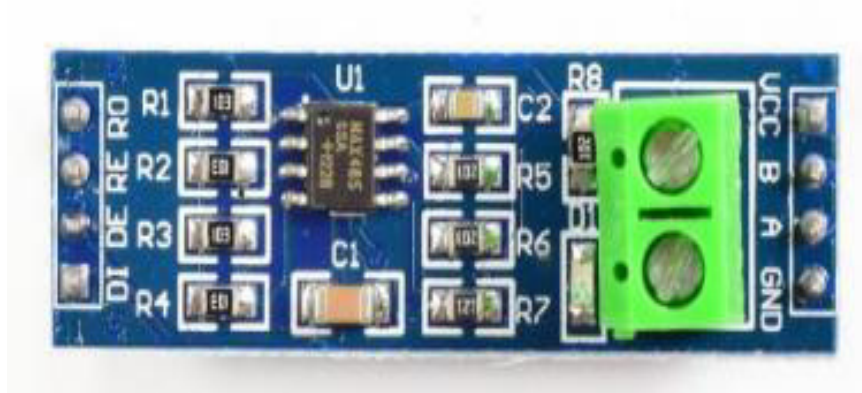
E. Sensores de humedad. Permiten medir la cantidad de humedad presente en el ambiente o en diferentes superficies. Son utilizados en sistemas agrícolas, monitoreo ambiental y sistemas automatizados de riego.

2.1.7 Visual Code

Es un entorno de edición de código desarrollado por Microsoft que proporciona un entorno flexible para la creación y gestión de proyectos de software. Su estructura modular permite incorporar extensiones que amplían sus funcionalidades, facilitando el trabajo con distintos lenguajes de programación y plataformas de desarrollo. Gracias a sus herramientas de depuración, integración con terminales y compatibilidad con sistemas de control de versiones, VS Code se presenta como una opción viable ampliamente utilizada en el desarrollo de aplicaciones, sistemas embebidos y proyectos vinculados con el Internet de las Cosas (IoT) (Eras et al.,2024).

2.1.8 MAX 485 RS482 - TTL

Es un transceptor utilizado para establecer comunicación serial bajo el estándar RS-485, permitiendo la transmisión de datos a larga distancia y en entornos industriales. Su principal función es convertir señales de nivel TTL provenientes de microcontroladores en señales diferenciales compatibles con RS-485, y viceversa. Asimismo, este módulo permite comunicaciones en modo half-duplex, soportando altas velocidades de transmisión y la conexión de múltiples dispositivos en una misma red. Debido a su bajo consumo, tamaño compacto y facilidad de integración, el MAX485 es ampliamente utilizado en sistemas y aplicaciones de automatización e IoT donde se requiere comunicación confiable entre dispositivos (Fernandez et al., 2025).

Figura 2*Transceptor para comunicación*

Nota. Tomada de Módulo MAX485 conversor RS485 a serial TTL, por Naylamp Mechatronics (s. f.)

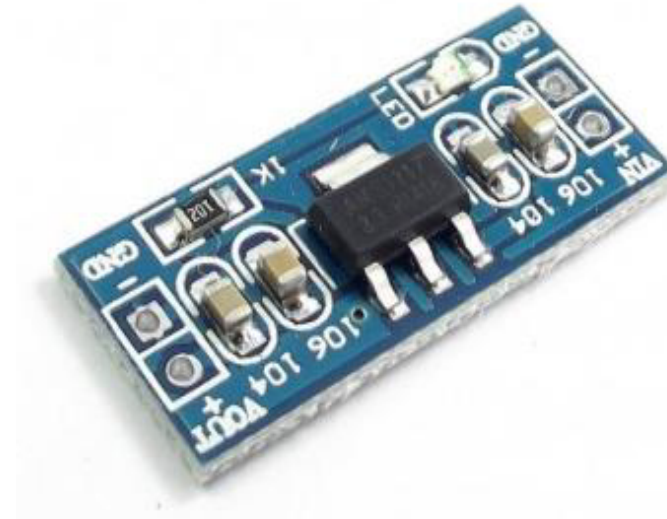
2.1.9 ASM1117 - 3.3v

El AMS1117 es un regulador de voltaje de alta estabilidad utilizado comúnmente en sistemas electrónicos y aplicaciones con microcontroladores. Su funcionamiento se basa en supervisar continuamente la tensión de salida y retroalimentar esta información al circuito de control interno, permitiendo ajustar la impedancia de la etapa reguladora según las variaciones detectadas. Gracias a este proceso, el dispositivo compensa las fluctuaciones de voltaje y mantiene una salida estable y confiable.

El módulo incorpora el chip AMS1117 como componente principal, el cual permite reducir el voltaje de entrada hasta niveles adecuados para la operación de circuitos electrónicos de baja tensión. Asimismo, cumple funciones de regulación y filtrado, garantizando un suministro continuo y estable de 3,3 V para la alimentación de microcontroladores y otros dispositivos electrónicos (Cheng et al., 2022).

Figura 3

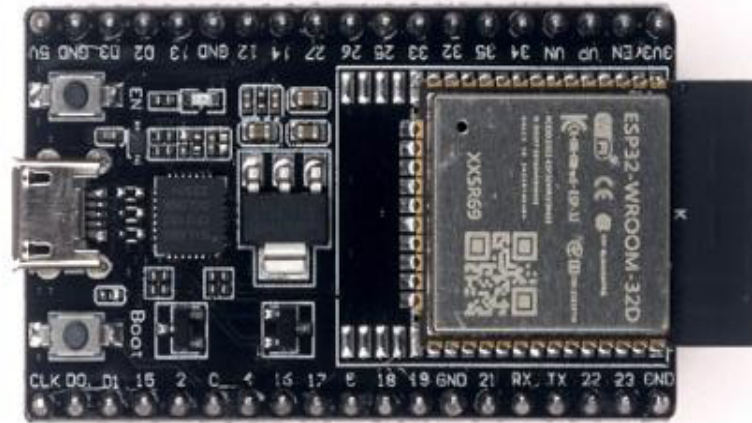
Regulador de voltaje



Nota. Tomada de Cheng, 2022

2.1.10 ESP32

Es un microcontrolador de código abierto ampliamente utilizado en proyectos de electrónica, automatización e Internet de las Cosas (IoT), debido a su alto rendimiento y versatilidad. Este dispositivo incorpora conectividad Wi-Fi y Bluetooth integradas, lo que permite la comunicación inalámbrica entre diferentes equipos y plataformas. Además, cuenta con un procesador de doble núcleo capaz de operar a diferentes frecuencias, permitiendo procesar la información con mayor rapidez y eficiencia. Asimismo, dispone de múltiples puertos de entrada y salida de propósito general (GPIO), los cuales facilitan la conexión con sensores, actuadores y otros componentes electrónicos. Su compatibilidad con entornos de desarrollo como Arduino IDE simplifica su programación y configuración, permitiendo su aplicación en proyectos de monitoreo, control remoto y automatización. Gracias a estas características, el ESP32 constituye una herramienta de gran utilidad para el desarrollo de sistemas inteligentes basados en IoT (Punguil et al.,2024).

Figura 4*Microcontrolador ESP32**Nota.* Tomada de UNIT Electronics (s. f.)

2.1.11 Platformio

Es una plataforma de desarrollo de código abierto diseñada para la programación de sistemas embebidos y dispositivos IoT. Proporciona herramientas que permiten escribir, compilar, depurar y gestionar proyectos de manera eficiente, siendo compatible con múltiples placas de desarrollo y microcontroladores. Además, puede integrarse con editores como Visual Studio Code, facilitando el desarrollo y la administración de librerías en un único entorno (Monar, 2023).

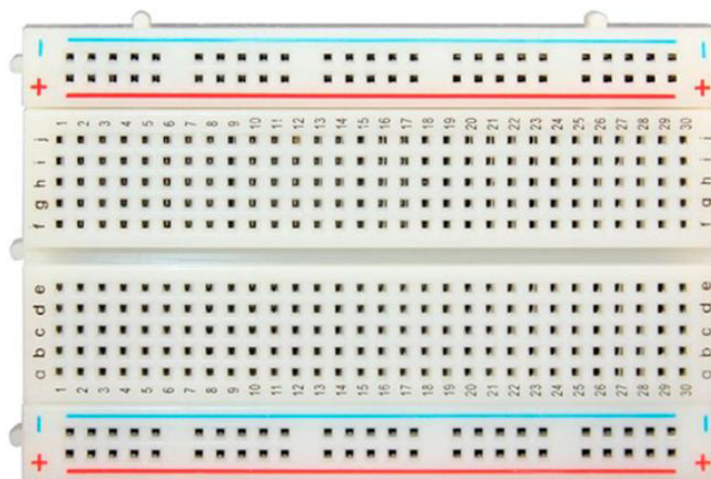
2.1.12 Protoboard

Es una herramienta utilizada en electrónica para la construcción y prueba temporal de circuitos sin necesidad de realizar soldaduras. Está compuesto por una placa con múltiples orificios interconectados internamente mediante tiras metálicas, lo que permite insertar y conectar componentes electrónicos de forma rápida y sencilla. Este dispositivo es ampliamente empleado en el desarrollo de prototipos y pruebas de circuitos electrónicos debido a su facilidad

de uso y reutilización. Además, existen diferentes tamaños de protoboard, entre los más comunes se encuentran el full size, half size y mini size (Garnica et al., 2024).

Figura 5

Protoboard



Nota. Tomada de Tecnología.net (s. f.)

2.1.13 Calidad del agua

La calidad del agua enfrenta una creciente amenaza derivada del aumento de las actividades humanas y de los efectos del cambio climático, los cuales reducen su disponibilidad como recurso apto para el consumo humano y para la producción agropecuaria. Ante este escenario, resulta fundamental desarrollar métodos que favorezcan a preservar y mejorar la calidad del agua. Los riesgos asociados a su contaminación abarcan aspectos físicos, químicos y bacteriológicos, evaluados mediante parámetros como sólidos totales, pH, alcalinidad, dureza total, conductividad, cloruros, cloro residual, coliformes totales y coliformes fecales. Asimismo, el agua contaminada constituye un vector de transmisión de enfermedades originadas por patógenos intestinales, entre los que se encuentran bacterias causantes de disentería, cólera y leptospirosis; virus como los de la hepatitis y la poliomielitis; protozoos

responsables de la amebiasis y la giardiasis; y helmintos asociados a la hidatidosis y la bilharziasis (Contreras et al., 2023).

2.1.14 Modbus RTU

Es un protocolo de comunicación serial empleado en sistemas de automatización para facilitar el intercambio de información entre diferentes dispositivos electrónicos. Su funcionamiento se basa en una estructura de comunicación centralizada, donde un equipo principal coordina el envío y recepción de datos. Gracias a su confiabilidad y compatibilidad con redes industriales, es uno de los protocolos más utilizado en procesos de monitoreo y control (Martínez et al., 2026).

2.1.15 LM7805

Es un regulador de voltaje lineal perteneciente a la familia 78XX, cuya función es convertir un nivel de tensión de entrada de corriente continua en una salida regulada de 5V. Este componente permite suministrar una alimentación estable a diferentes dispositivos electrónicos, evitando variaciones de voltaje que puedan afectar el funcionamiento del sistema. Debido a su capacidad para mantener una tensión constante, el LM7805 es utilizado en circuitos con microcontroladores, sensores y otros módulos electrónicos que requieren una fuente de alimentación confiable. Además, cuenta con tres terminales principales: entrada, tierra y salida, mediante las cuales recibe la alimentación, establece la referencia del circuito y entrega el voltaje regulado respectivamente (Ashafa y Rabi, 2023).

2.1.16 L7805CD2T-TR

Es un regulador de voltaje positivo de salida fija que permite obtener una tensión estable de 5 V a partir de una fuente de alimentación con un voltaje superior. Este dispositivo incorpora mecanismos de protección contra sobrecorriente y sobrecalentamiento, lo que contribuye a la seguridad y confiabilidad del circuito. Su función principal es suministrar una alimentación

regulada a los componentes electrónicos que requieren 5 V para su correcto funcionamiento, evitando daños ocasionados por variaciones o excesos de tensión (Romero et al., 2025).

Figura 6

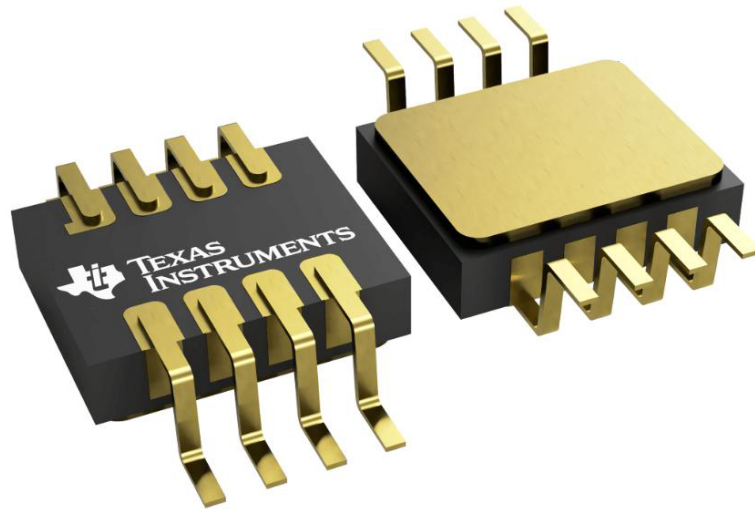
Regulador de voltaje



Nota. Tomada de Mouser Electronics (s. f.)

2.1.17 SN65HVD11-HT

El SN65HVD11HD pertenece a la familia de transceptores diferenciales SN65HVD11-HT, diseñada para aplicaciones de comunicación RS-485 en entornos industriales, diseñado para sistemas de bus de datos que requieren una transmisión de señales confiable en entornos exigentes. Este dispositivo proporciona una capacidad de conducción adecuada para cargas de baja impedancia, permitiendo una comunicación estable y continua. Además, destaca por su amplio rango de temperatura de operación, lo que lo hace apropiado para aplicaciones industriales y sistemas electrónicos que operan bajo condiciones extremas (Zhen et al., 2023).

Figura 7*Transceptor RS485*

Nota. Tomada en Texas Instruments (s.f.)

2.1.18 Condensador

Los condensadores o capacitores son componentes electrónicos utilizados para almacenar temporalmente energía eléctrica mediante la acumulación de carga entre sus terminales. Están conformados por dos elementos conductores separados por un material aislante denominado dieléctrico, el cual permite acumular energía mediante la formación de campo eléctrico. En los circuitos electrónicos, los condensadores cumplen funciones como filtrado de señales, reducción de interferencias y estabilización de voltaje, contribuyendo al correcto funcionamiento de los dispositivos conectados (Mondragón y Londoño, 2024).

Figura 8

Condensadores



Nota. Tomada en electromania (s.f.)

2.1.19 Resistencia

Una resistencia actúa como un componente electrónico pasivo que se opone al paso de la corriente eléctrica dentro de un circuito, generando una caída de voltaje entre sus terminales. Su función es limitar la cantidad de corriente que atraviesa el circuito, permitiendo el adecuado funcionamiento y protección de otros componentes electrónicos (España y Contreras, 2023).

Figura 9

Resistencias



Nota. Tomada en electromania (s.f.)

III. MÉTODO

3.1 Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo aplicada, debido a que se identifica una problemática el cual es la deficiencia en el monitoreo remoto, debido a que se realiza de manera manual, con baja adquisición de datos lo que limita la toma de decisiones oportunas y busco brindar una solución mediante la aplicación de conocimientos relacionados con la automatización del monitoreo remoto en una EPS.

Tal como señala Castro et al., (2023), una investigación aplicada es un tipo de investigación orientada a resolver problemas específicos o atender necesidades reales de un determinado contexto, mediante la utilización y aplicación de conocimientos científicos y metodológicos para generar soluciones prácticas.

El presente estudio tiene un enfoque cuantitativo, ya que se basa en la recolección de datos numéricos.

Zúñiga et al., (2023), señalan que se adopta un enfoque cuantitativo cuando la investigación se orienta a la medición y el análisis estadístico de la información. Este enfoque implica la recopilación sistemática de datos expresados en valores numéricos y su posterior evaluación mediante métodos estadísticos, con el propósito de obtener resultados precisos y establecer relaciones entre las variables causales.

El presente trabajo de investigación desarrollado es de nivel descriptivo y explicativo.

Es descriptivo, debido a que se detalla las principales características de la implementación de un gateway basado en IoT y del proceso de monitoreo remoto de la calidad de agua, considerando aspectos como frecuencia de medición, transmisión de datos y funcionamiento del sistema.

Es de tipo explicativo porque busca indicar cómo la implementación de un gateway basado en IoT influye positivamente en el monitoreo remoto.

Tal como señala Corona y Fonseca (2023), la investigación descriptiva permite caracterizar y detallar las propiedades de un fenómeno objeto de investigación, mientras que la investigación explicativa busca identificar las causas que lo originan y comprender las relaciones de causa y efecto entre las variables involucradas.

El trabajo de investigación desarrollado es experimental de tipo pre experimental.

Es pre experimental ya que se va a manipular la variable - gateway basado en IoT - para observar efectos en la variable dependiente - monitoreo remoto - en una EPS.

Según Mollo (2023), la investigación experimental se caracteriza por la manipulación deliberada de una variable independiente con la finalidad de determinar sus efectos que esta produce sobre una variable dependiente, permitiendo establecer relaciones de causa y efecto.

3.2 Ámbito temporal y espacial

3.2.1 *Ámbito temporal*

Se realiza durante el 23 de febrero del 2026 al 24 de junio del 2026 dado que los datos recolectados corresponden a este periodo.

3.2.2 *Ámbito espacial*

Esta investigación se lleva a cabo en una entidad prestadora de servicios de saneamiento ubicada en el sur de Perú.

3.3 Variables

3.3.1 *Variable independiente*

Gateway basado en IoT.

Según Marianetti et al., (2025) es un dispositivo que conecta sensores y actuadores con la red o la nube, facilitando la transmisión y gestión de datos en sistemas IoT.

Para Caleño et al., (2023) es un dispositivo que conecta los equipos IoT con la red, permitiendo la recepción, procesamiento y envío de datos entre diferentes dispositivos.

Para Luna et al., (2025) un gateway es un dispositivo que facilita el intercambio de información entre diferentes dispositivos y redes, funcionando como intermediario para recibir, procesar y transmitir datos. En sistemas IoT, facilita la conexión entre sensores y plataformas de monitoreo, permitiendo el intercambio de información.

3.3.2 *Variable dependiente*

Monitoreo remoto.

Según Chambilla et al., (2025), es el uso de dispositivos y tecnologías de comunicación para recopilar, transmitir y supervisar información en tiempo real desde una ubicación remota de manera automática.

Para Ávalos y Parrales (2025), es un sistema que utiliza sensores y herramientas de comunicación para vigilar y registrar información de forma continua desde una ubicación remota.

Para Tan y Wang (2024), el monitoreo remoto es un proceso que permite supervisar y obtener información de un sistema o dispositivo sin encontrarse físicamente en el lugar donde se realiza la medición. Mediante el uso de tecnologías de comunicación, los datos recopilados pueden ser enviados y analizados a distancia, facilitando el seguimiento continuo de variables y el control oportuno del sistema.

3.4 Población y muestra

3.4.1 *Población*

De acuerdo con Zúñiga et al., (2023), se entiende por población al conjunto completo de individuos, objetos o eventos que comparten una característica común y que constituyen el objetivo principal del estudio o análisis.

En la presente investigación se tiene 01 grupo poblacional.

- Población

Para la variable dependiente, la población estuvo comprendida por los valores diarios de los indicadores del monitoreo remoto de la turbiedad del agua, expresado en unidades nefelométricas de turbidez (NTU), obtenidos mediante el procesamiento de los registros generados por el sistema IoT durante el período de estudio.

3.4.2 Muestra

Según Grados (2025), la muestra constituye un subconjunto representativo de la población seleccionado para la recolección, análisis e interpretación de la información necesaria dentro de una investigación. En el enfoque cuantitativo, la muestra permite obtener datos medibles y verificables que contribuyen al análisis estadístico y a la validación de los resultados del estudio, facilitando la evaluación del fenómeno investigado mediante procedimientos sistemáticos y objetivos. Asimismo, el tamaño y selección de la muestra deben garantizar la obtención de información suficiente y relevante para cumplir con los objetivos planteados en la investigación.

- Muestra

Para la variable dependiente, se consideró la totalidad de los valores diarios obtenidos durante el período de monitoreo, por lo que se aplicó un muestreo censal. La muestra estuvo conformada por 30 observaciones del indicador de frecuencia de excedencia y 30 observaciones del indicador de usabilidad del sistema, calculadas a partir de los registros generados por el sensor de turbiedad.

3.5 Instrumentos

3.5.1 Técnica e instrumento

Para la variable dependiente “Monitoreo remoto”, se empleará la técnica de la observación directa, debido a que permite registrar objetivamente el comportamiento y desempeño del sistema implementado durante su funcionamiento. Como instrumentos se utilizarán fichas de registro de usabilidad del sistema y frecuencia de excedencia, las cuales permitirán recopilar información cuantitativa relacionada con los indicadores definidos para cada dimensión. La ficha de usabilidad del sistema registrará las lecturas obtenidas con respecto a las lecturas previstas, mientras que la ficha de frecuencia de excedencia permitirá registrar que proporción del total de mediciones superaron el límite permitido.

3.6 Procedimientos

El procedimiento, es la descripción ordenada de las actividades que se realizan durante la investigación para aplicar los instrumentos empleados para recopilar los datos y obtener la información requerida. Su explicación debe ser precisa para que otros investigadores puedan comprender y reproducir el proceso seguido (Bonet et al., 2023).

El procedimiento es el conjunto de acciones, actividades o etapas que se realizan de manera organizada y secuencial para alcanzar un objetivo determinado. Constituye una guía que orienta el desarrollo de un proceso, permitiendo que las tareas se ejecuten de forma ordenada, lógica y sistemática. En el ámbito de la investigación, el procedimiento comprende cada una de las fases que sigue el investigador desde la planificación del estudio hasta la obtención y análisis de los resultados. Su finalidad es asegurar que el trabajo se desarrolle de manera estructurada, facilitando la recopilación, organización e interpretación de la información necesaria para responder al problema de investigación y cumplir con los objetivos planteados (Martinez et al., 2023).

Una vez obtenidos los datos correspondientes al sistema de monitoreo manual de turbidez utilizado en la PTAP de la EPS, se estableció la secuencia de actividades necesarias para llevar a cabo la contrastación de las hipótesis planteadas. La información del sistema convencional fue recopilada mediante registros manuales realizados por el analista de laboratorio, empleando un turbidímetro portátil digital modelo 2100Q. Posteriormente, se procedió a la recolección de datos provenientes de la automatización del proceso, implementando la solución propuesta para atender la problemática identificada.

Para el procesamiento adecuado de la información recolectada, se consideró conveniente utilizar el software Microsoft Excel. Asimismo, para el análisis estadístico de los datos se empleó el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) en su versión 32.

Para el diseño de la placa electrónica se usó el software KiCad, mediante el cual se desarrolló el esquemático, el diseño de la PCB y el diseño 3D. Posteriormente, la programación del ESP32 se realizó utilizando el software Visual Code. Una vez finalizada la programación, el firmware fue cargado en el ESP32 y se procedió a la integración con el sensor Solitax. Finalmente, el dispositivo enviará la información en formato JSON hacia la plataforma ThingsBoard Cloud, donde los datos podrán ser visualizados y monitoreados a través de un dashboard.

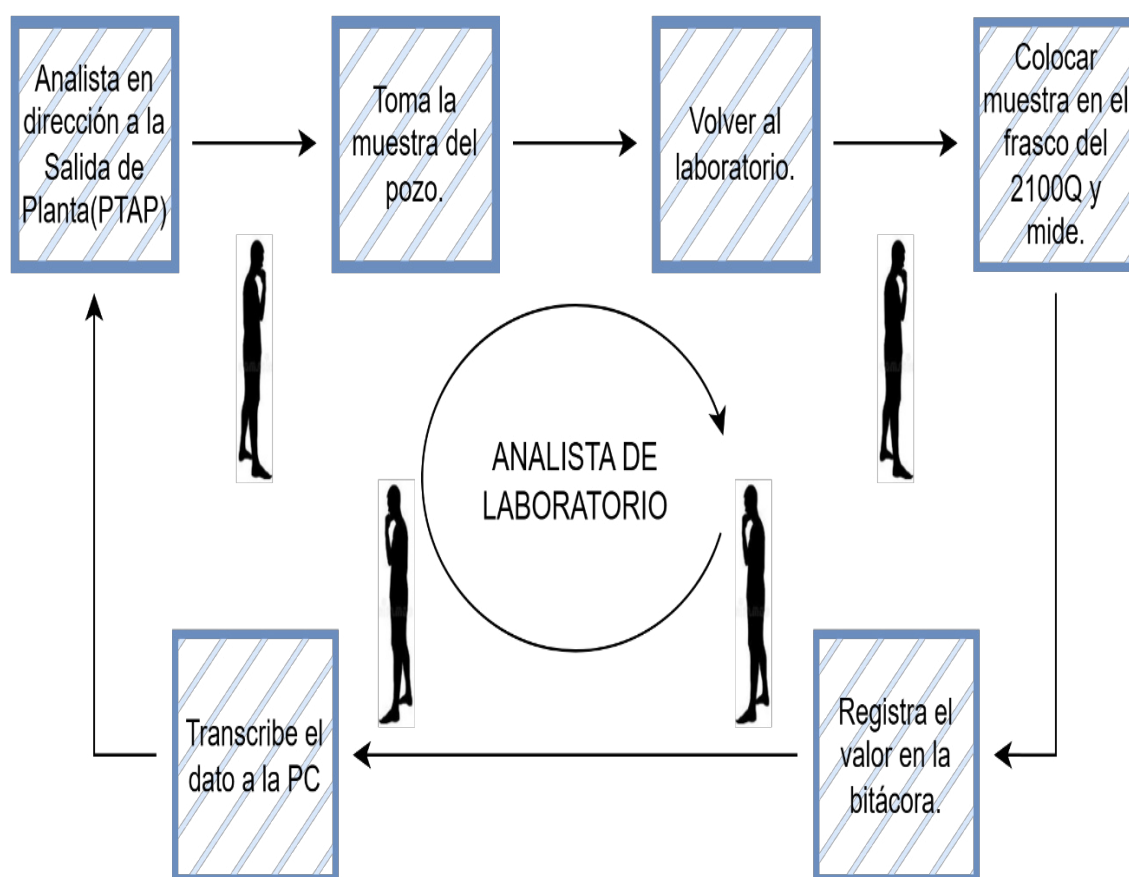
3.6.1 Análisis inicial del sistema

El sistema actual cuenta con personal las 24 horas del día los 7 días de la semana para poder realizar las mediciones de la calidad del agua en la PTAP (Planta de Tratamiento de Agua Potable) cada 4 hora. Cuentan con equipos medidores de turbiedad de marca HACH en el modelo 2100Q, una bitácora y una computadora donde pueden llenar el registro de información de los datos obtenidos posterior a la medición. En situaciones, esta recolección de

la muestra era realizada por personal no calificado, lo que podría llevar a una mala extracción y contaminación de la muestra.

Figura 8

Sistema de medición manual de turbiedad.



Nota. En la imagen se muestra como el analista se traslada desde su laboratorio a la salida de planta para extraer la muestra del agua para posteriormente realizar la medición en el equipo y de existir el parámetro fuera de rango, realizar las medidas correctiva.

Elaboración propia, 2026.

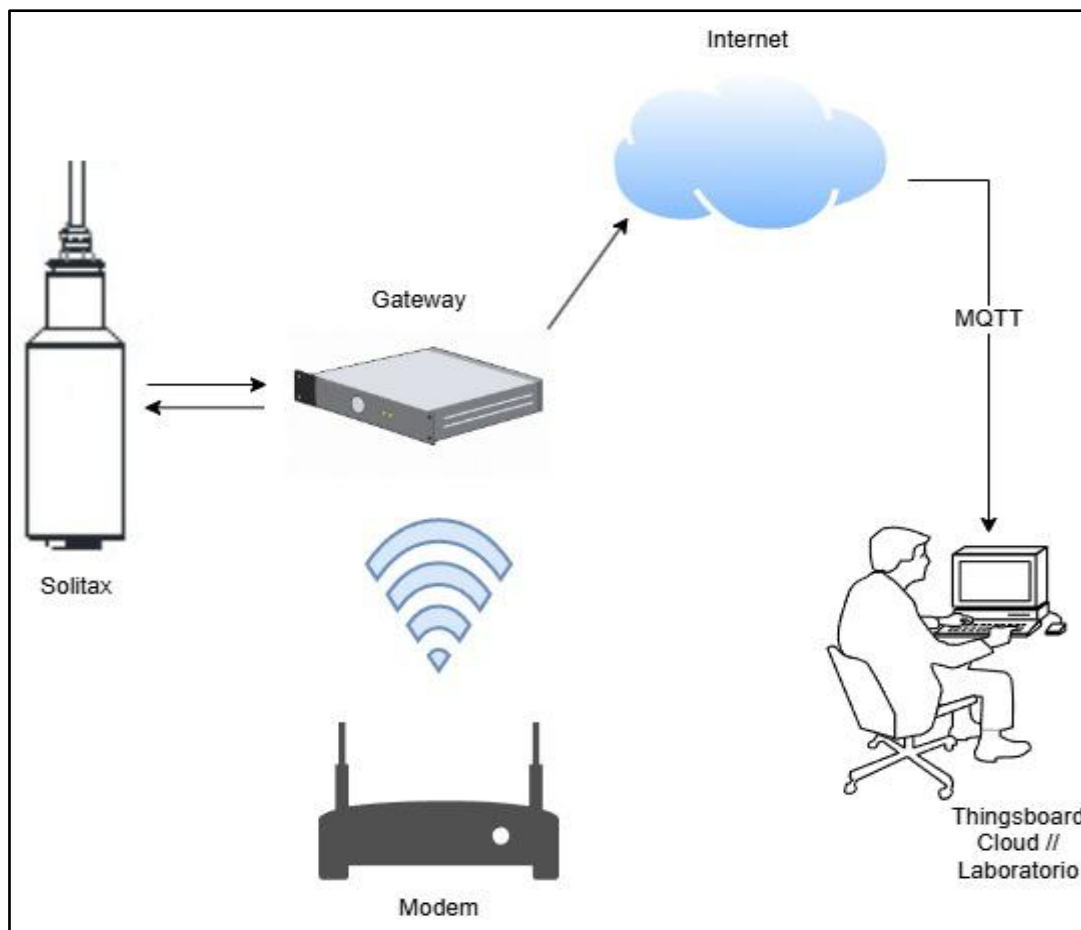
3.6.2 *Análisis posterior a la automatización del sistema*

En este capítulo se desarrollará todo el diseño e implementación del gateway basado en IoT, la programación del microcontrolador ESP32, generación del token en thingsboard cloud y visualización de data enviada por el Solitax.

Para ello se utiliza un módulo ESP-32 de 38 pines con un regulador de voltaje L7805cd2t-tr que recibirá 12vdc y entregará 3vdc y un circuito integrado que funciona como un transceptor para el protocolo de comunicación RS-485.

Figura 9

Sistema de medición automatizado de turbiedad.



Nota. En la siguiente imagen se nota como el analista que verifica los datos de turbiedad no se desplaza a la salida de planta, ya que los datos están siendo enviados automáticamente y

solo verifica la data en el dashboard del thingsboard cloud.

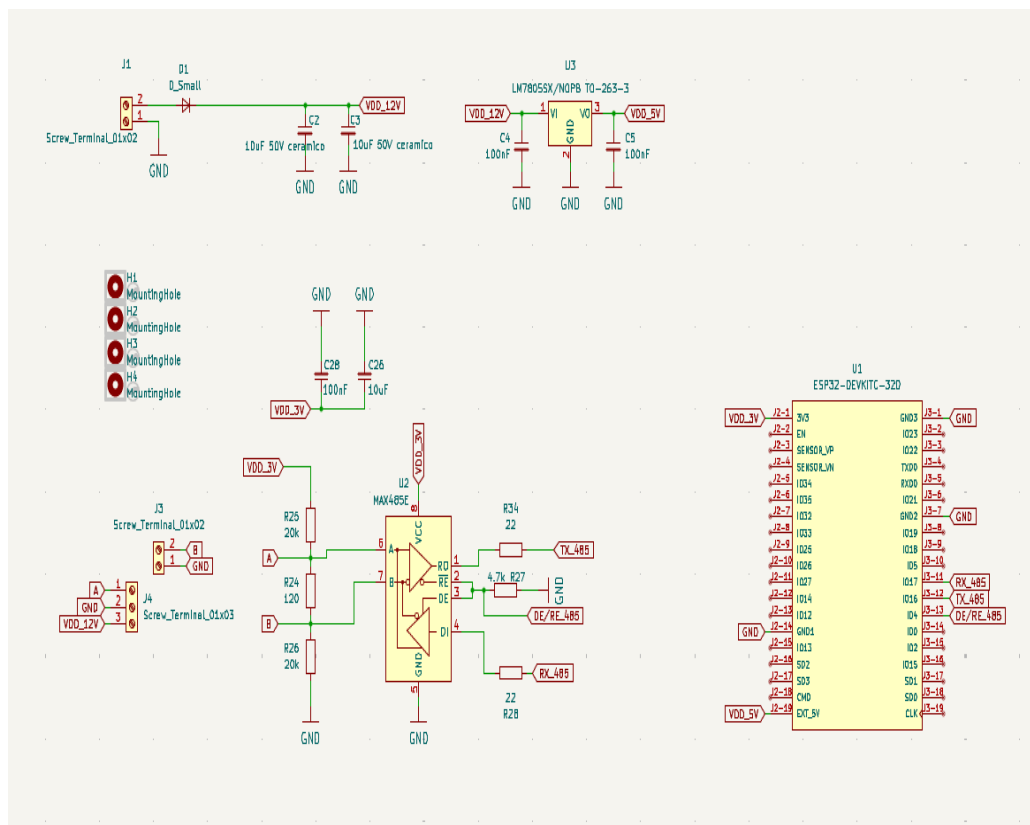
Elaboración propia, 2026.

3.6.3 Esquema electrónico del sistema propuesto

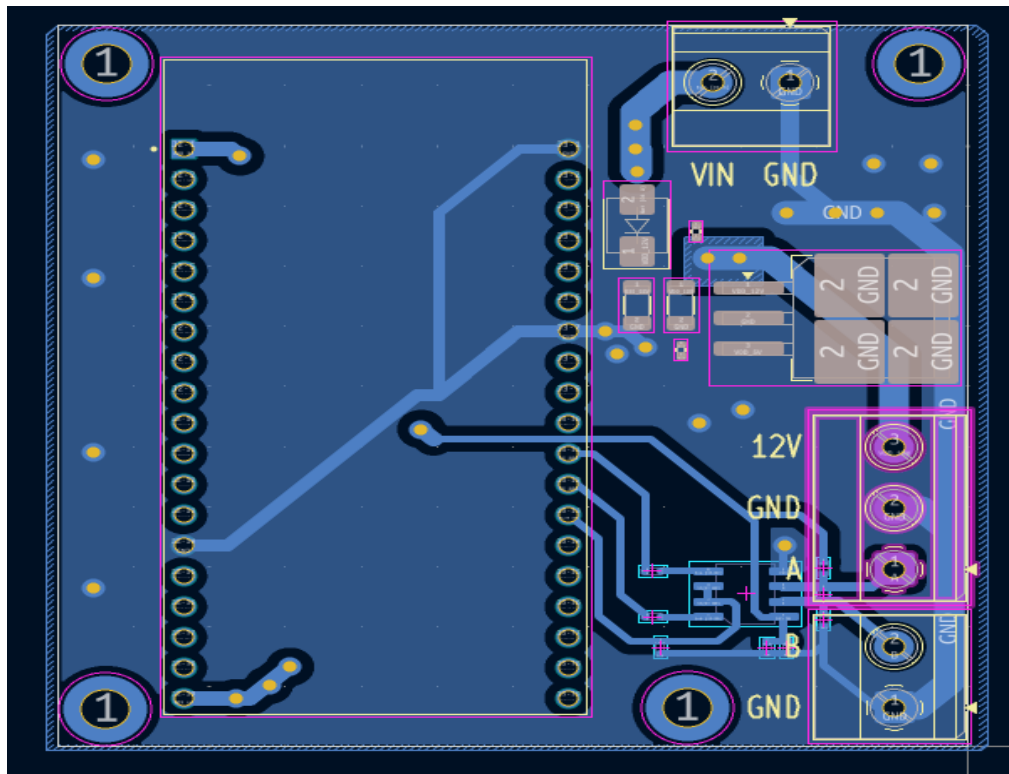
En esta etapa se desarrolla el esquemático electrónico del gateway propuesto como solución, utilizando el software KiCad. Aquí se estableció la conexión entre el sensor Solitax T-line y el microcontrolador ESP32 mediante el transceptor RS-485 SN65HVD11HD, el cual permite la conversión de señales UART a RS-485 para garantizar la comunicación entre ambos dispositivos, con apoyo del regulador de voltaje L7805cd2t-tr de 12Vdc a 5Vdc.

Figura 10

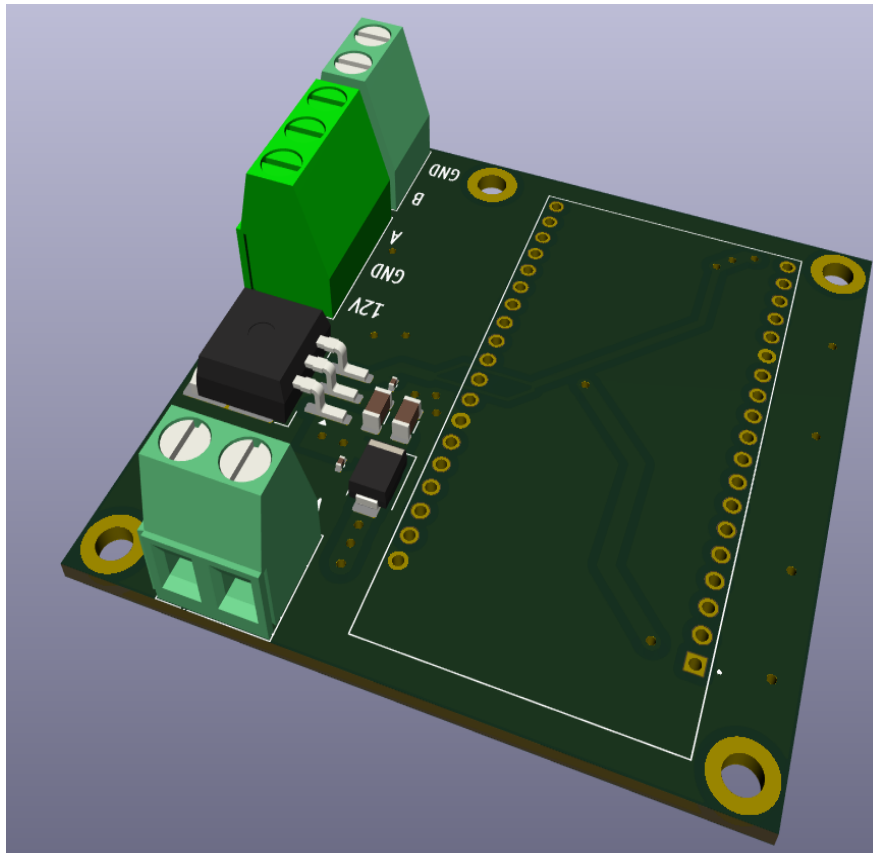
Esquemático del gateway



Nota. Elaboración propia, 2026.

Figura 11*Enrutamiento del Gateway**Nota.* Elaboración propia, 2026.

3.6.3.1 Visualización 3D de la placa electrónica. Una vez concluido el diseño de la placa de circuito impreso (PCB), se generó su representación tridimensional mediante la herramienta de visualización 3D del software KiCad. Esta vista permitió verificar la disposición física de los componentes electrónicos antes de la fabricación de la tarjeta.

Figura 12*Diseño de la PCB en 3D**Nota.* Elaboración propia, 2026.

3.6.4 Criterio de selección de componentes

La selección de los componentes electrónicos se realizó considerando los requerimientos del sistema, el voltaje de operación, la compatibilidad entre dispositivos, la disponibilidad en el mercado y su confiabilidad para aplicaciones de monitoreo industrial.

3.6.4.1 Selección del transceptor RS-485. Para la selección del siguiente componente se realizó un cuadro comparativo de 03 modelos.

Tabla 1*Selección del transceptor RS-485*

Característica	MAX 485	SP3485	SN65HVD11HD
Fabricante	Maxim/Analog Devices	MaxLinear	Texas Instruments
Voltaje de alimentación (VCC)	5V (típico)	3.3V nativo	3.3V nativo
Rango voltaje VCC	4.75V – 5.25V	3.0V – 3.6V	3.0V – 3.6V
Compatibilidad directa con ESP32	No	Sí	Sí
Temperatura de operación	0°C a 70°C	-40°C a 85°C	-55°C a 175°C
Corriente en standby	300 μ A	50 nA	0.1 μ A
Pinout	DIP-8	DIP-8 / SOIC-8	Solo SOIC-8
Imagen			

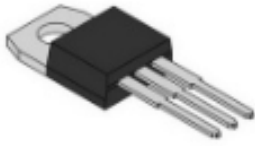
Nota. Se opta por el **SN65HVD11HD** ya que es óptimo para trabajos industriales, con una temperatura adecuada, ya que el regulador disipa calor y este estará encendido 24 horas todos los días y 175°C con un ahorro de energía en stanby de 0.1uA, es adecuado para la funcionalidad.

Elaboración propia, 2026.

3.6.4.2 Selección del regulador de voltaje. Para la selección del siguiente componente se realizó un cuadro comparativo de 03 modelos.

Tabla 2

Selección del regulador de voltaje

Característica	AMS1117-3.3	L7805CD2T-TR	LM2940-5.0
Fabricante	Advanced Monolithic Systems	STMicroelectronics	Texas Instruments
Voltaje de alimentación (VCC)	3.3V fijo	5V fijo	5V fijo
Protección térmica	Sí	Sí	Sí
Temperatura de operación	0°C a 125°C	0°C a 125°C	-40°C a 125°C
Protección cortocircuito	Sí	Sí	Sí
Pinout	DIP-8	DIP-8 / SOIC-8	Solo SOIC-8
Imagen			

Nota. Se opta por **L7805CD2T-TR** ya que su corriente de salida es de 1.5A garantizando alimentación estable para el ESP32.

Elaboración propia, 2026.

3.6.4.3 Selección del microcontrolador. Para la selección del siguiente componente se realizó un cuadro comparativo de 03 modelos.

Tabla 3

Selección del microcontrolador

Característica	ESP32- WROOM-32 (38 pines)	ESP8266 NodeMCU	Arduino Mega 2560
Frecuencia máxima	240 MHz	80/160 MHz	16 MHz
Wi-Fi integrado	Sí (802.11 b/g/n)	Sí (802.11 b/g/n)	No
Bluetooth	Bluetooth v4.2 y BLE	No	Sí
Voltaje de operación	3.0 V – 3.6 V	3.0 V – 3.6 V	5 V
Memoria SRAM	520 KB	160 KB	8 KB
Imagen			

Nota. Se optó por el ESP32-WROOM-32 (38 pines) porque tiene doble núcleo, más memoria RAM y mejor capacidad para ejecutar varias tareas simultáneamente.

Elaboración propia, 2026.

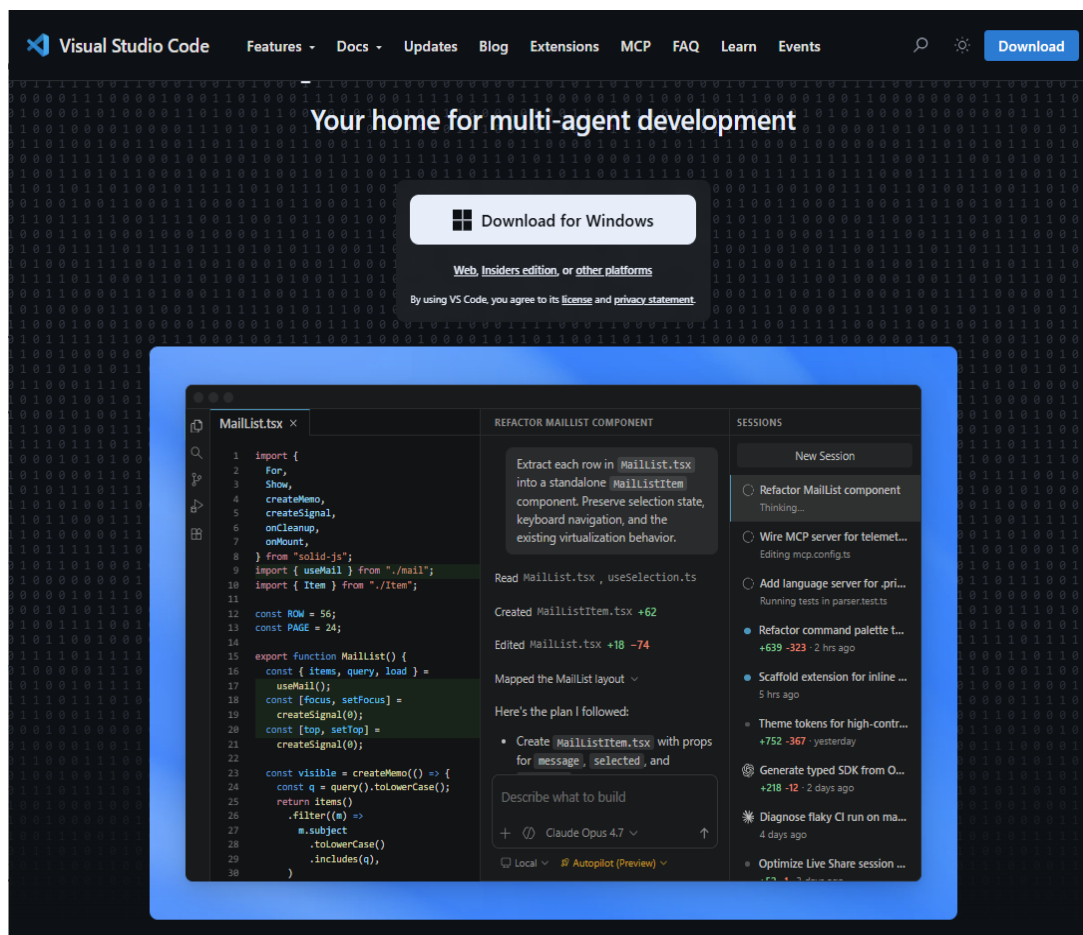
3.6.5 Instalación y configuración del entorno de desarrollo

Para el desarrollo del firmware se usará el entorno Visual Studio Code con la extensión del PlatformIO IDE. Es un software de código abierto.

3.6.5.1 Instalación de Visual Studio Code. Se realizará la instalación del programa desde su página web oficial.

Figura 13

Instalación del software de código abierto

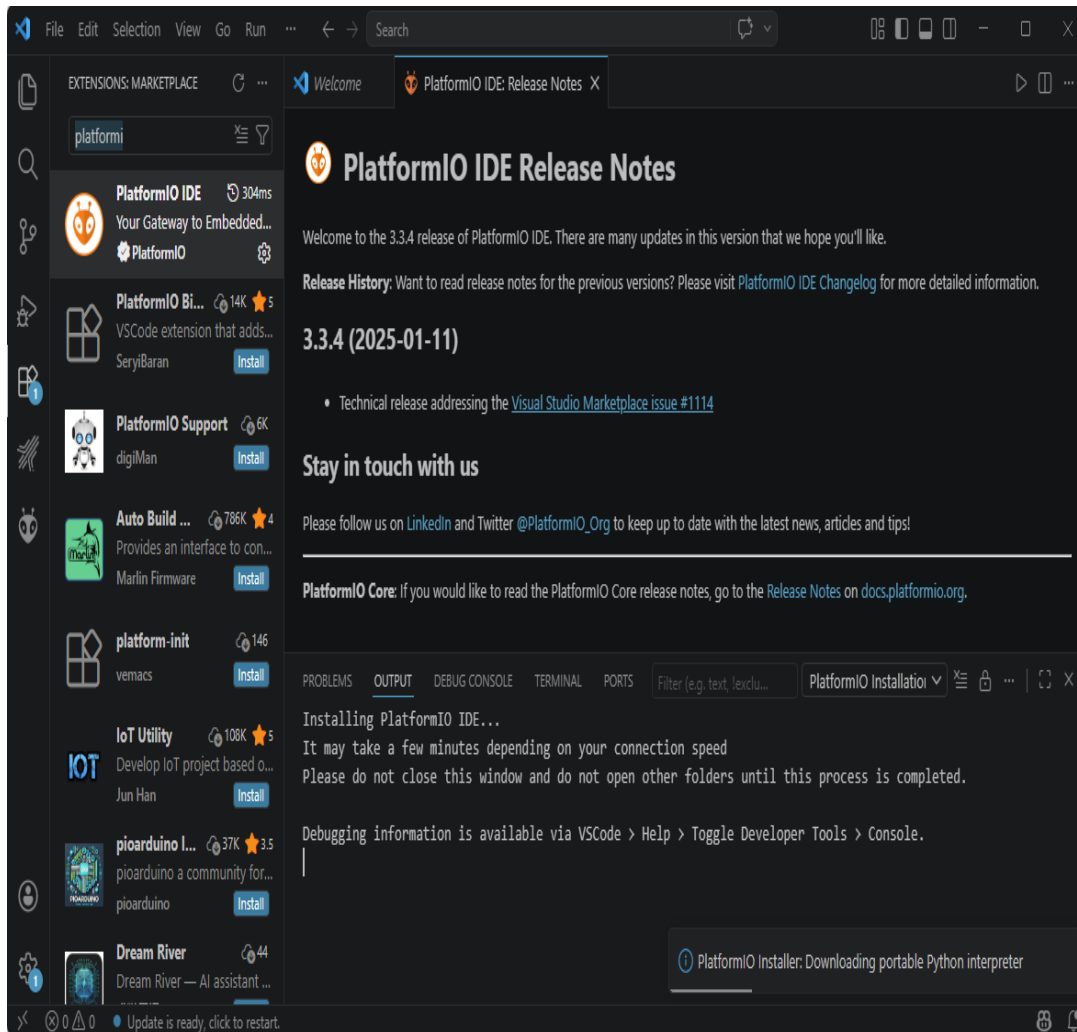


Nota. Elaboración propia, 2026.

3.6.5.2 Instalación de PlatformIO IDE. Dentro de Visual Studio Code se instaló la extensión PlatformIO IDE versión 3.3.4 desde el Marketplace.

Figura 14

Instalación de la extensión PlatformIO IDE



Nota. Elaboración propia, 2026.

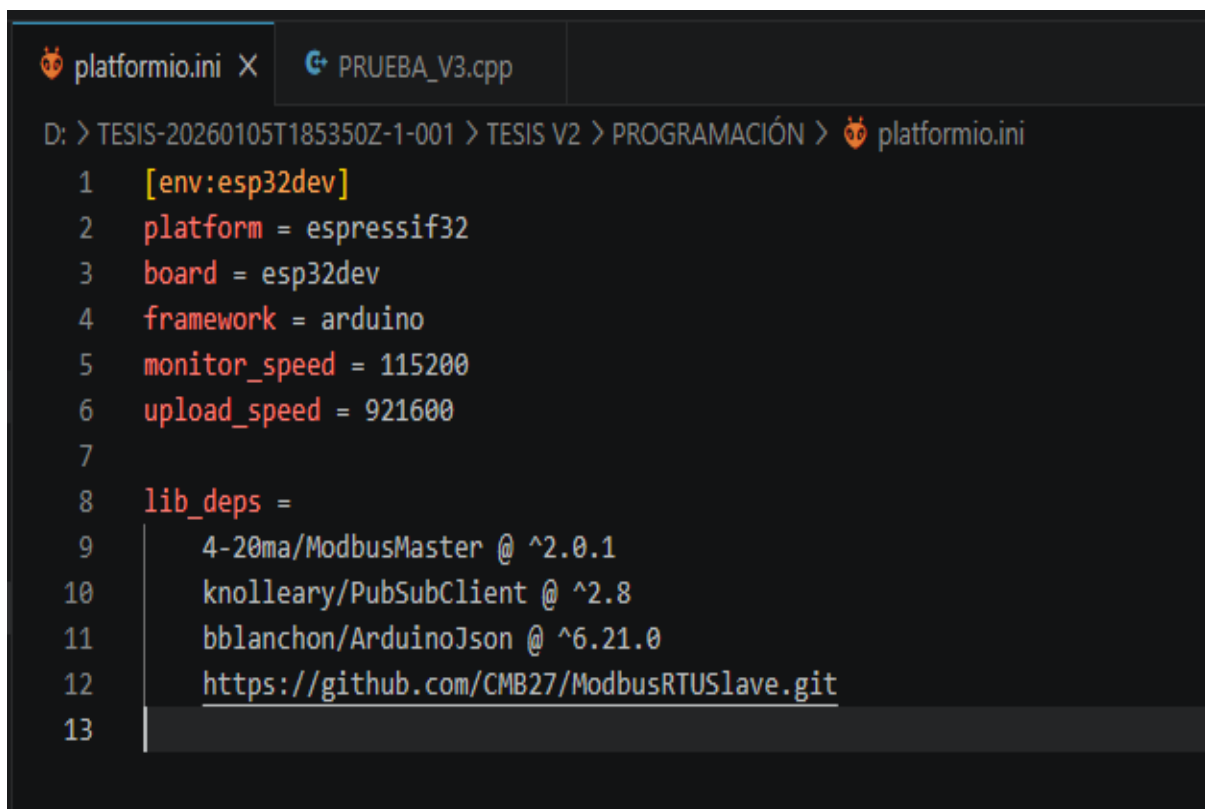
3.6.5.3 Creación del proyecto. Aquí se va crear el proyecto en PlatformIO con la siguiente configuración:

- Placa: ESP32 Dev Module
- Framework: Arduino
- Monitor serial: 115200 baudios

3.6.5.4 Configuración de platformio.ini. Una vez creado el proyecto se realizará la configuración de platformio.ini para definir la plataforma Espressif32, la placa ESP32 Dev module, el framework Arduino, los parámetros de comunicación serial, las librerías para la implementación del Modbus RTU, MQTT y para el procesamiento de datos en formato JSON. La configuración que se realizará en esta interfaz permitirá preparar el entorno necesario para la implementación del código para el ESP32.

Figura 15

Configuración del entorno para la implementación del código



```

platformio.ini X  PRUEBA_V3.cpp
D: > TESIS-20260105T185350Z-1-001 > TESIS V2 > PROGRAMACIÓN > platformio.ini
1  [env:esp32dev]
2  platform = espressif32
3  board = esp32dev
4  framework = arduino
5  monitor_speed = 115200
6  upload_speed = 921600
7
8  lib_deps =
9      4-20ma/ModbusMaster @ ^2.0.1
10     knolleary/PubSubClient @ ^2.8
11     bblanchon/ArduinoJson @ ^6.21.0
12     https://github.com/CMB27/ModbusRTUSlave.git
13

```

Nota. Elaboración propia, 2026.

3.6.6 Programación del firmware para el ESP32

Una vez configurado el entorno de desarrollo, se procederá con la creación de la programación del firmware para el microcontrolador ESP32 usando el lenguaje C++ bajo el framework Arduino en platformIO. El código que se implementará hará la lectura del registro

de turbidez mediante el protocolo modbus RTU y la publicación de los datos en ThingsBoard Cloud mediante el protocolo MQTT.

Figura 16

Compilación exitosa del código de programación

```

platformio.ini X PRUEBA_V3.cpp
D: > TESIS-20260105T185350Z-1-001 > TESIS V2 > PROGRAMACIÓN > PRUEBA_V3.cpp > PIN_LED

14 // LIBRERÍAS
15 #include <Arduino.h>
16 #include <ModbusMaster.h>
17 #include <WiFi.h>
18 #include <PubSubClient.h>
19 #include <ArduinoJson.h>
20
21 // CONFIGURACIÓN WiFi
22 const char* WIFI_SSID = "iPhone claudio";
23 const char* WIFI_PASSWORD = "11111111";
24
25 // CONFIGURACIÓN THINGSBOARD
26 const char* TB_SERVER = "thingsboard.cloud";
27 const int TB_PORT = 1883;
28 const char* TB_TOKEN = "j9QsvrTuXmePv55dPHsV"; // ← Cambiar
29
30 // PINES DEL HARDWARE
31 #define PIN_DE_RE 4 // GPIO4 → control dirección
32 #define PIN_LED 2 // GPIO2 → LED integrado en la placa ESP32
33 #define PIN_RX2 16 // GPIO16 → RX2
34 #define PIN_TX2 17 // GPIO17 → TX2
35
36 // CONFIGURACIÓN MODBUS SOLITAX HACH
37 #define SOLITAX_BAUDRATE 19200
38 #define SOLITAX_DIRECCION 1
39 #define REG_TURBIDEZ 0x0000
40

PROBLEMS OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL PORTS
[*] Executing task: C:\Users\Claudio\.platformio\penv\Scripts\platformio.exe run
|-- ArduinoJson @ 6.21.6
|-- ModbusRTUSlave @ 3.1.2+sha.83c2b50
|-- WiFi @ 2.0.0
Building in release mode
Retrieving maximum program size .pio\build\esp32dev\firmware.elf
Checking size .pio\build\esp32dev\firmware.elf
Advanced Memory Usage is available via "PlatformIO Home > Project Inspect"
RAM: [= ] 13.8% (used 45112 bytes from 327680 bytes)
Flash: [=====] 57.7% (used 756137 bytes from 1310720 bytes)
===== [SUCCESS] Took 10.77 seconds =====
[*] Terminal will be reused by tasks, press any key to close it.

```

Nota. Elaboración propia, 2026.

3.6.7 Validación de funcionamiento del sensor

Se valida el funcionamiento correcto del sensor solitax ts-line con un registrador. Se observa el sensor sumergido en agua potable y el valor menor a 0.47 NTU. Esto valida el funcionamiento correcto, dando el sensor de turbiedad un valor real. Ya que, respecto al límite de turbidez, el valor máximo permitido para agua destinada al consumo humano es 5 NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez), establecido en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Decreto Supremo N.º 031-2010-SA.

Figura 17

Sensor solitax Ts-line



Nota. Elaboración propia, 2026

Figura 18

Sensor en la muestra de agua

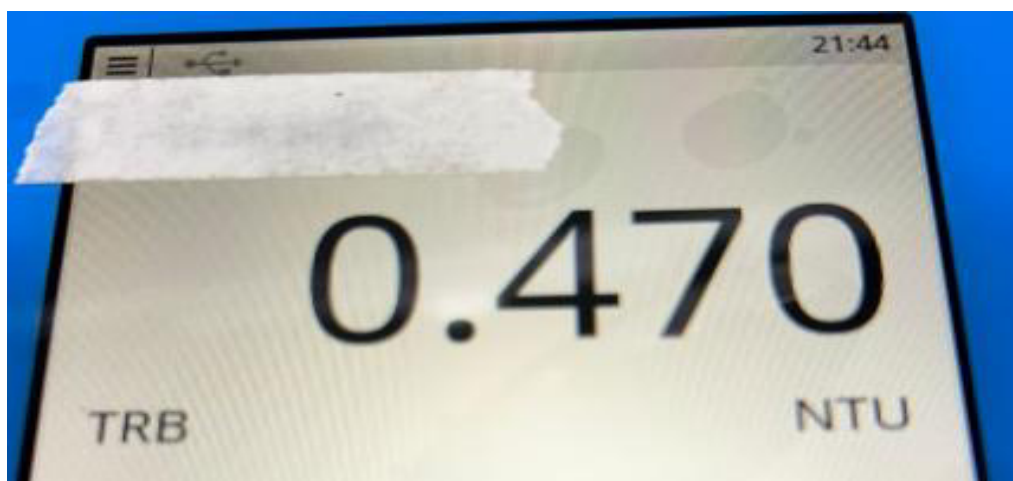


Nota. Aquí colocamos el sensor Solitax en la muestra para la validación de funcionamiento.

Elaboración propia, 2026

Figura 19

Sensor en la muestra de agua



Nota. Aquí visualizamos el valor actual del sensor en un registrador de la empresa, esto es con el fin de validar el funcionamiento del sensor que vamos a utilizar para nuestro trabajo.

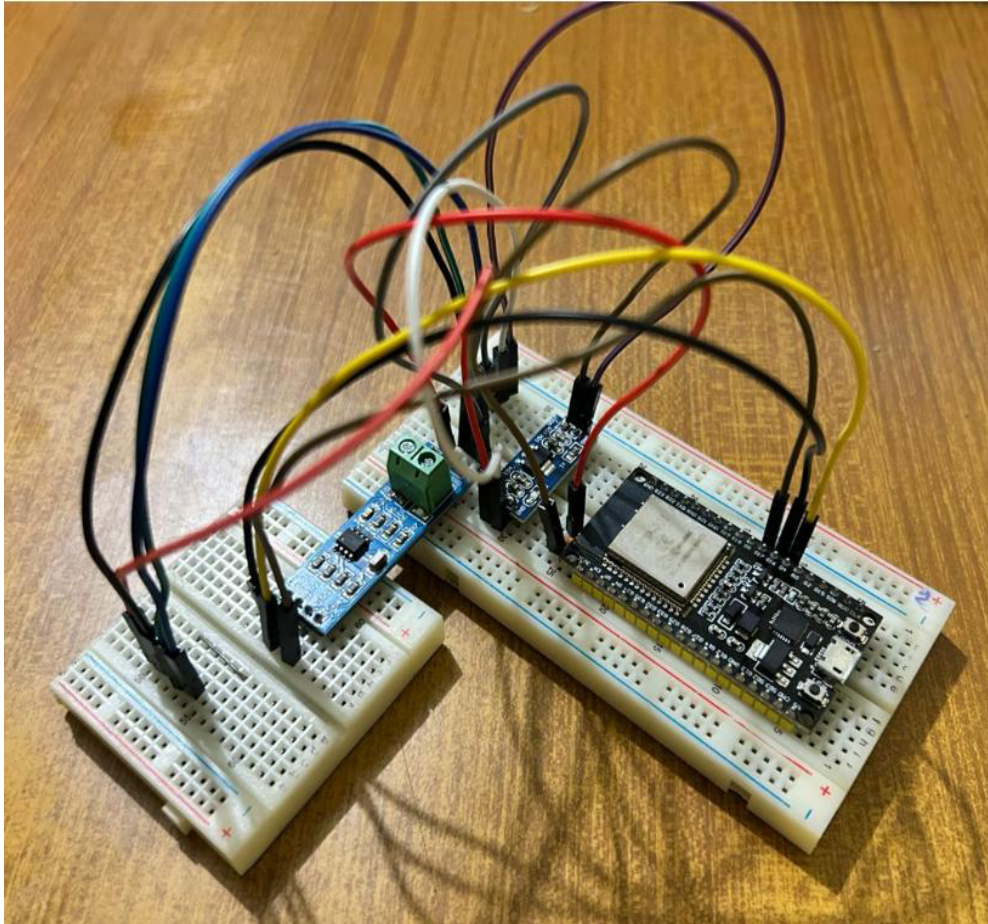
Elaboración propia, 2026

3.6.8 Validación previa del circuito en protoboard

Previo a la fabricación de la PCB, se construyó un prototipo funcional en protoboard con la finalidad de comprobar su adecuado funcionamiento.

Figura 20

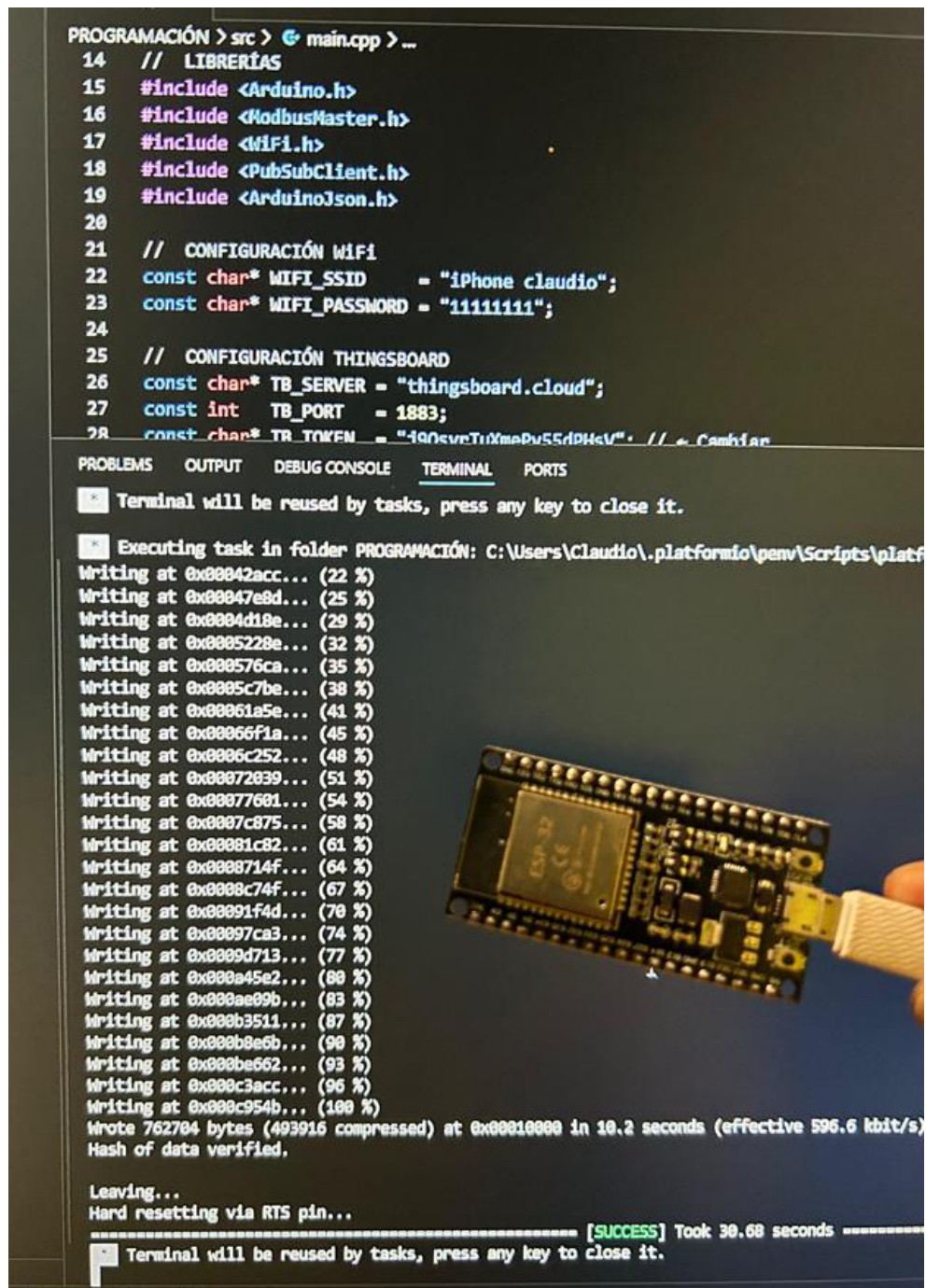
Prototipo en protoboards



Nota. Elaboración propia, 2026.

Figura 21

Carga de firmware al ESP32



```

PROGRAMACIÓN > src > main.cpp > ...
14 // LIBRERÍAS
15 #include <Arduino.h>
16 #include <ModbusMaster.h>
17 #include <WiFi.h>
18 #include <PubSubClient.h>
19 #include <ArduinoJson.h>
20
21 // CONFIGURACIÓN WIFI
22 const char* WIFI_SSID = "iPhone claudio";
23 const char* WIFI_PASSWORD = "11111111";
24
25 // CONFIGURACIÓN THINGSBOARD
26 const char* TB_SERVER = "thingsboard.cloud";
27 const int TB_PORT = 1883;
28 const char* TB_TOKEN = "1Q0cveT0XmeDu55dPHcV" // Cambiar

```

PROBLEMS OUTPUT DEBUG CONSOLE **TERMINAL** PORTS

Terminal will be reused by tasks, press any key to close it.

Executing task in folder PROGRAMACIÓN: C:\Users\Claudio\.platformio\penv\Scripts\platf

```

Writing at 0x00042acc... (22 %)
Writing at 0x00047e8d... (25 %)
Writing at 0x0004d18e... (29 %)
Writing at 0x0005228e... (32 %)
Writing at 0x000576ca... (35 %)
Writing at 0x0005c7be... (38 %)
Writing at 0x00061a5e... (41 %)
Writing at 0x00066f1a... (45 %)
Writing at 0x0006c252... (48 %)
Writing at 0x00072839... (51 %)
Writing at 0x00077681... (54 %)
Writing at 0x0007c875... (58 %)
Writing at 0x00081c82... (61 %)
Writing at 0x0008714f... (64 %)
Writing at 0x0008c74f... (67 %)
Writing at 0x00091f4d... (70 %)
Writing at 0x00097ca3... (74 %)
Writing at 0x0009d713... (77 %)
Writing at 0x000a45e2... (80 %)
Writing at 0x000ae09b... (83 %)
Writing at 0x000b3511... (87 %)
Writing at 0x000b8e6b... (90 %)
Writing at 0x000be662... (93 %)
Writing at 0x000c3acc... (96 %)
Writing at 0x000c954b... (100 %)
Wrote 762784 bytes (493916 compressed) at 0x00010000 in 10.2 seconds (effective 596.6 kbit/s)
Hash of data verified.

Leaving...
Hard resetting via RTS pin...
===== [SUCCESS] Took 30.68 seconds =====
Terminal will be reused by tasks, press any key to close it.

```

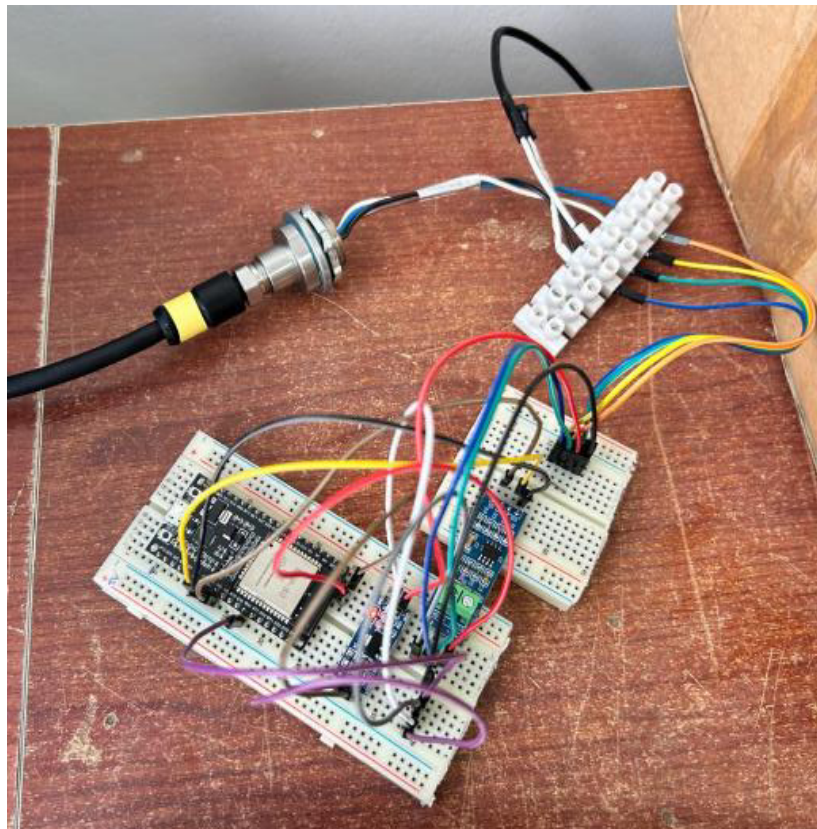
Nota. Elaboración propia, 2026.

3.6.9 Conexión del gateway con el sensor de turbiedad

Se validó el funcionamiento del sensor de turbiedad y del gateway independientemente. Aquí se realizará la conexión del sensor solitax con el Gateway. Ahora se validará el funcionamiento de ambos conectados, para el envío de data al ThingsBoard.

Figura 22

Conexión entre el gateway protoboard y el sensor de turbiedad



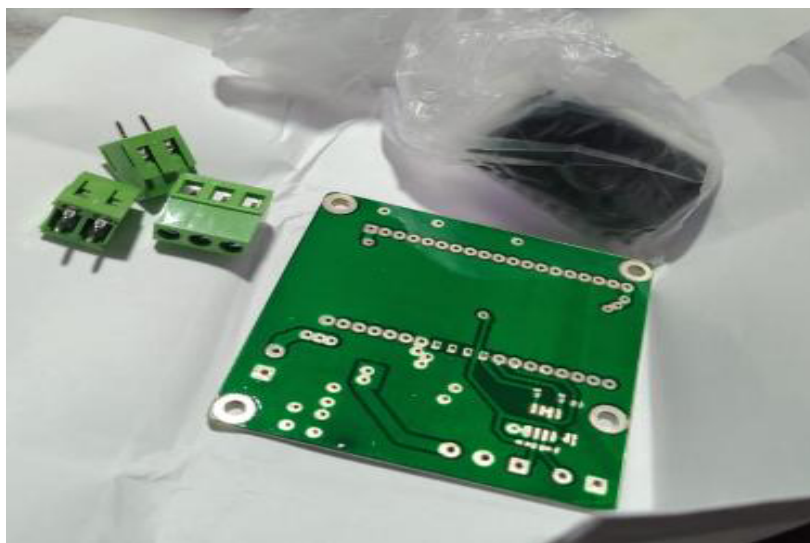
Nota. Elaboración propia, 2026.

3.6.10 Diseño del gateway en una PCB

Culminado con las pruebas en oficina, se procede a diseñar la tarjeta de circuito impreso (PCB) integrando los componentes electrónicos indicados en el trabajo.

Figura 23

Diseño del gateway



Nota. Elaboración propia, 2026.

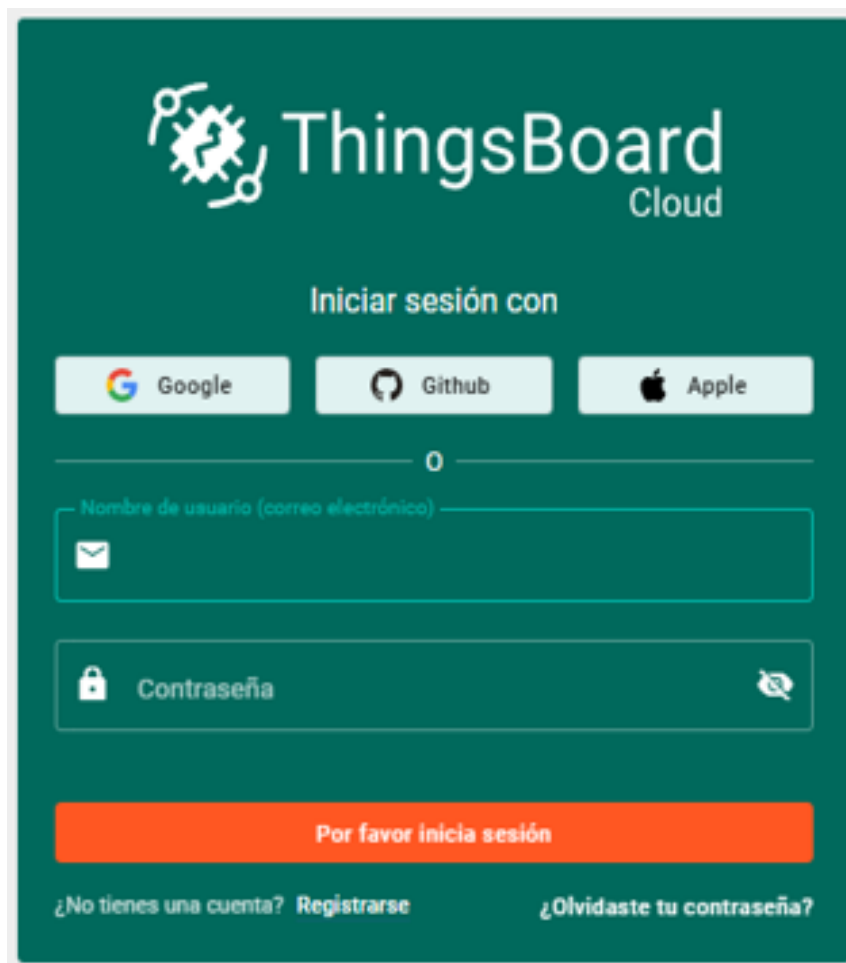
3.6.11 Configuración de la plataforma ThingsBoard Cloud

Para la visualización de datos de turbidez se eligió la plataforma ThingsBoard Cloud en su modalidad gratuita. Se seleccionó porque su plan gratuito permite almacenar hasta un millón de datos por mes, ofrece herramientas de visualización en tiempo real y su soporte del protocolo MQTT.

3.6.11.1 Creación de cuenta. Aquí se realizará la creación de cuenta en la página oficial de ThingsBoard Cloud.

Figura 24

Creación de cuenta



The image shows the login interface for ThingsBoard Cloud. At the top, the ThingsBoard Cloud logo is displayed. Below it, the text "Iniciar sesión con" is centered. There are three buttons for social login: "Google", "Github", and "Apple". Below these buttons is a horizontal line with a "0" in the center. Underneath the line is a text input field labeled "Nombre de usuario (correo electrónico)" with an envelope icon. Below the email field is a password input field labeled "Contraseña" with a lock icon and a toggle icon. At the bottom, there is a large orange button labeled "Por favor inicia sesión". Below the button, there are two links: "¿No tienes una cuenta? Registrarse" and "¿Olvidaste tu contraseña?".

Nota. Elaboración propia, 2026.

3.6.11.2 Creación del dispositivo. Ingresamos al software y colocamos los datos necesarios para culminar con la creación de un equipo, en la sección entities → devices.

Figura 25

Creación del dispositivo

Agregar nuevo dispositivo

1 Detalles del dispositivo 2 Cartas credenciales Opcional

Nombre*

Etiqueta

Perfil del dispositivo* default

Es puerta de entrada

Propietario y grupos

Dueño* psclaudio60@gmail.com

Grupos

Descripción

Siguiente: Credenciales

Cancelar Agregar

Nota. Elaboración propia, 2026.

Aquí se valida la conexión exitosa que realiza el sensor solitax al ThingsBoard a través del Gateway.

Figura 26*Validación de conectividad mediante MQTT*

Comprobar la conectividad ✕

HTTP **MQTT** CoAP

Utilice las siguientes instrucciones para enviar telemetría en nombre del dispositivo mediante la consola.

Windows macOS Linux Estibador

Paso 1. Instale las herramientas de cliente necesarias.
Siga las instrucciones para descargar, instalar, configurar y ejecutar mosquitto_pub. [Documentación](#)

Paso 2. Ejecute el siguiente comando. MQTT MQTT

```
mosquitto_pub -d -q 1 -h mqtt.thingsboard.cloud -p 1883 -t v1/devic
```

Estado Inactivo

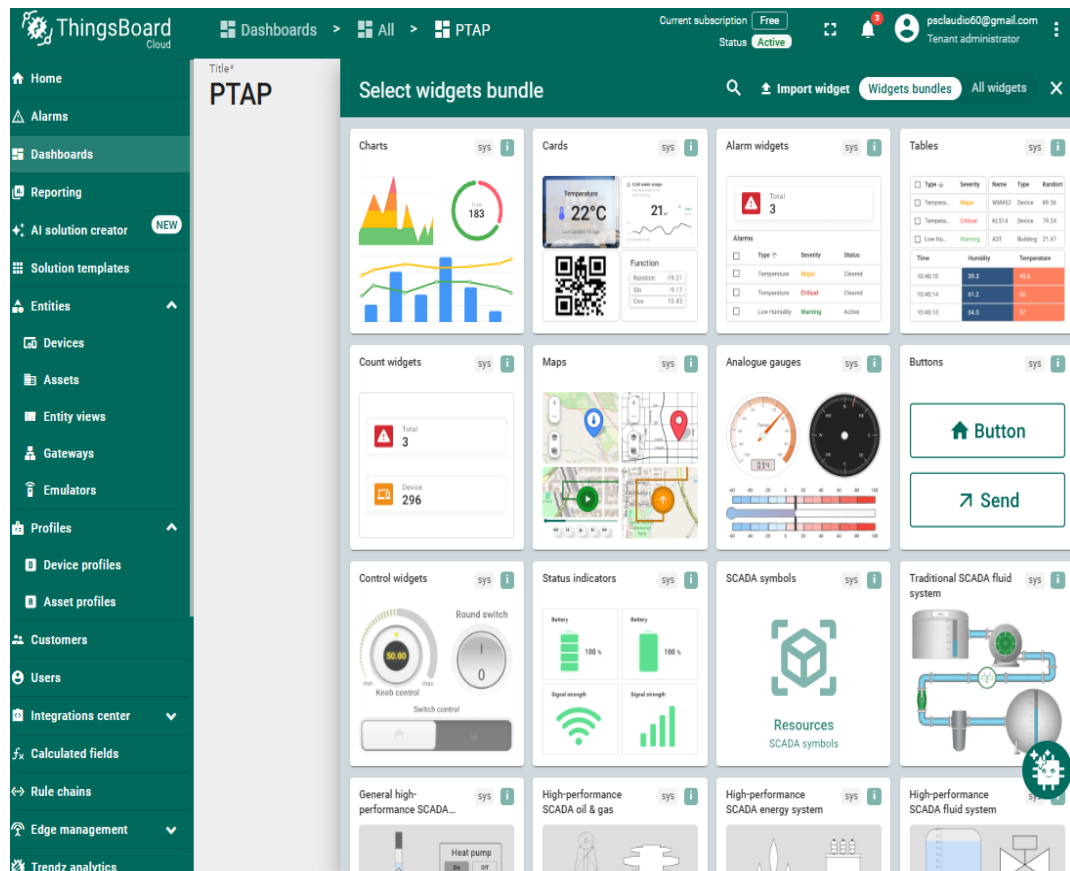
Telemetría más reciente

Tiempo	Llave	Valor
2026-06-01 21:47:50	temperatura	25

Cerca [Generar panel de control con IA](#)

Nota. Elaboración propia, 2026.

3.6.11.3 Creación de dashboards. Aquí se implementará un panel de supervisión, la cual fue diseñado con widgets que representan de manera gráfica los valores enviados por el sensor en tiempo real.

Figura 27*Creación del panel de supervisión**Nota.* Elaboración propia, 2026.

3.6.12 Implementación del Gateway en campo

Se implementó el gateway en la salida de planta. Aquí se obtuvieron datos reales del equipo instalado en campo, las cuales fueron procesadas y transmitidas hacia la plataforma ThingsBoard. Estos datos fueron utilizados posteriormente para responder mis hipótesis.

3.7 Análisis de datos

3.7.1 Análisis descriptivo

Se utilizó estadística descriptiva para presentar los registros obtenidos durante la ejecución de la investigación, empleando tablas y gráficos que facilitaron su análisis. Asimismo, se evaluaron indicadores relacionados con el monitoreo remoto, considerando la

usabilidad del sistema y la frecuencia de excedencia. Los resultados obtenidos permitieron comparar el comportamiento del sistema antes y después de la implementación del gateway basado en IoT en la EPS.

Para Aráus et al. (2025), la estadística descriptiva es la rama de la estadística que permite ordenar, sintetizar y presentar los datos obtenidos en una investigación mediante tablas, gráficos y medidas estadísticas, facilitando su análisis e interpretación.

3.7.2 *Análisis inferencial*

Se aplicará una prueba de normalidad a los datos recolectados con el propósito de determinar si estos presentaban una distribución normal. A partir de los resultados obtenidos, se seleccionará la prueba estadística más adecuada, ya sea paramétrica (distribución normal) o no paramétrica (distribución no normal), para la comprobación de las hipótesis planteadas en la investigación.

Según Aráus et al., (2025), la estadística inferencial es la rama de la estadística que permite obtener conclusiones y realizar generalizaciones sobre una población a partir del análisis de una muestra, mediante el uso de pruebas estadísticas y métodos de probabilidad.

3.8 Consideraciones éticas

Los aspectos éticos se refieren al conjunto de principios y criterios que guían el desarrollo de una investigación, asegurando el respeto a las personas involucradas, la protección de la información obtenida y la realización responsable del estudio de acuerdo con las normas éticas establecidas (Bonet et al., 2023).

A lo largo del proceso de investigación se siguió de manera estricta cada una de las indicaciones y lineamientos planteados para el desarrollo del estudio con enfoque cuantitativo. Se prestó especial atención a cumplir con los criterios metodológicos establecidos y a mantener la coherencia necesaria en cada etapa del trabajo.

De igual forma, se garantizó el respeto a los derechos de autor en todas las explicaciones, análisis y argumentos presentados, tomando como referencia las normas propuestas por la Asociación Americana de Psicología (APA). Esto aseguró que toda la información utilizada estuviera debidamente sustentada y citada de acuerdo con los estándares académicos vigentes.

Además, se cuidó que los datos obtenidos fueran veraces y confiables. Se proporcionó información a todos los participantes de manera clara acerca de los objetivos establecidos en la investigación, resaltando que la investigación tiene fines exclusivamente académicos. Se les aseguró que su información sería manejada con absoluta confidencialidad, protegiendo su identidad y garantizando el anonimato durante todo el proceso.

IV. RESULTADOS

4.1 Instalación del sensor

Se realizó la instalación de la estructura de fierro galvanizado con 04 pernos de expansión de ½" pulgada en la base de 150mm x 150mm.

Figura 28

Soporte de estructura



Nota. Elaboración propia, 2026.

Instalación del sensor de turbiedad al tubo PVC-U SCH-80 de 1" con su acoplamiento de acero inoxidable.

Figura 29

Instalación del sensor de turbiedad

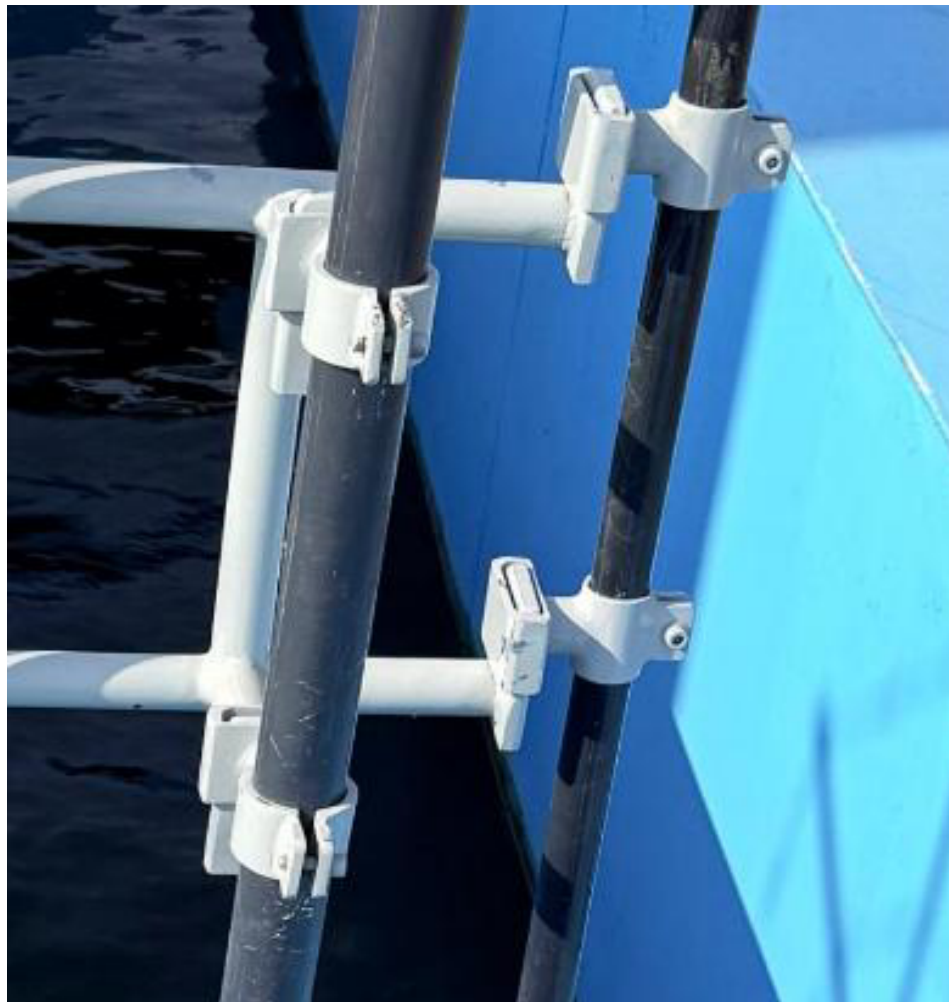


Nota. Elaboración propia, 2026.

Se colocó el tubo de PVC-U SCH-80 de 1" que sostendrá el sensor de turbiedad en la copa de la estructura, ajustando con una llave Allen.

Figura 30

Instalación del tubo SCH-80 en la estructura



Nota. Elaboración propia, 2026.

En la parte superior se colocó una unión, reducción, bushing y un conector liquid tight, con su tubería flexible liquid tight para cubrir el cable industrial del sensor de turbiedad hasta la caja de paso.

Figura 31

Parte superior e inferior de conexión y protección



Nota. Elaboración propia, 2026.

Para la salida del sensor se conectó un adaptador hembra con salida cableada.

Figura 32

Conexión del sensor de turbiedad al conector industrial



Nota. Elaboración propia, 2026.

Conexión del conector industrial a la tarjeta del Gateway.

Figura 33

Conexión del conector industrial al Gateway



Nota. Elaboración propia, 2026.

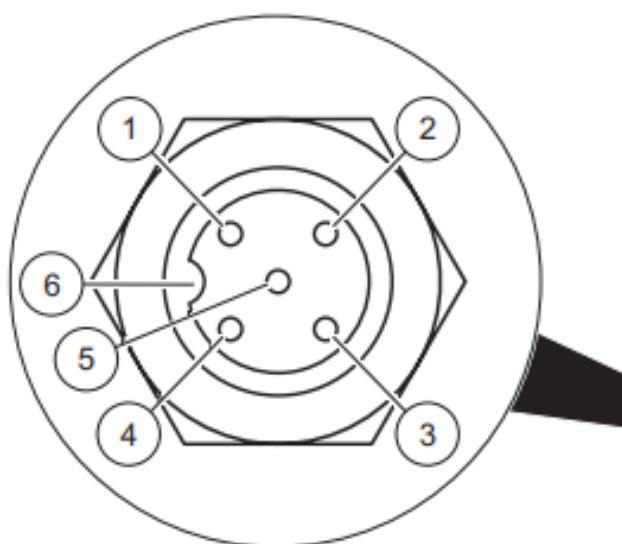
Asignación de pines del conector del sensor.

Figura 34*Asignación de pines del conector del sensor*

Number	Description	Cable colour (Standard-Cable)
1	+12 VDC	brown
2	Ground	black
3	Data (+)	blue
4	Data (-)	white
5	Screen	Screen (grey)
6	Notch	-

Nota. Elaboración propia, 2026.

Enumeración de pines del conector.

Figura 35*Enumeración de pines del conector**Nota.* Elaboración propia, 2026.

Sensor en la muestra midiendo continuamente y enviando información a través del wifi. Este sensor se instala en dirección a la corriente del agua con el propósito de impedir la generación de burbujas y así evitar mediciones incorrectas o inexactas.

Figura 36

Sensor de turbiedad en la salida de planta

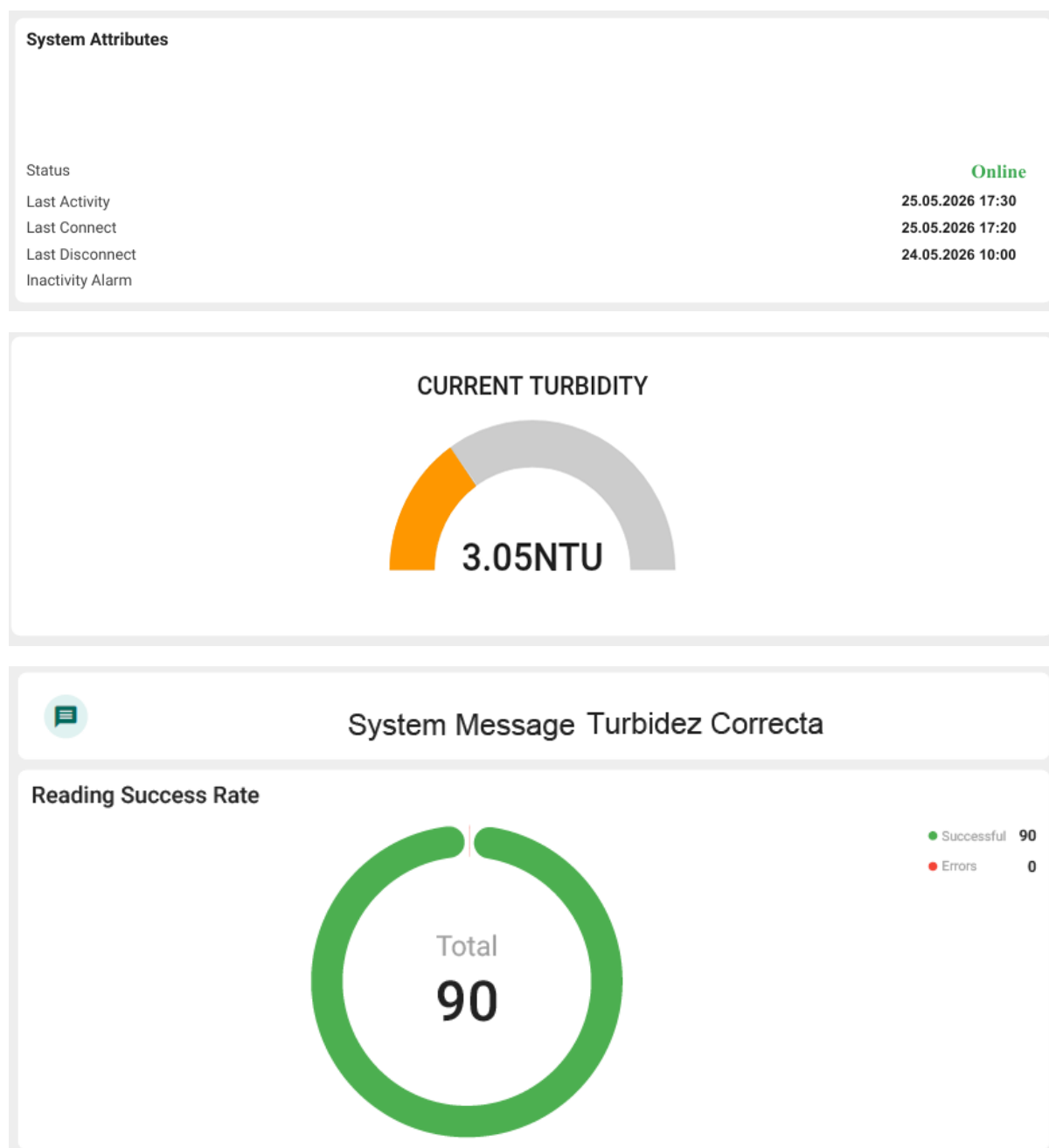


Nota. Se muestra la información que esta llegando a la plataforma del thingsboard cloud.

Elaboración propia, 2026.

Figura 37

Visualización de datos obtenidos en la thingsBoard cloud.



Nota. Elaboración propia, 2026.

4.2 Estadística descriptiva

La información recopilada fue organizada mediante gráficos para facilitar su análisis e interpretación. Según Itza (2024), la estadística descriptiva tiene como función ordenar y

mostrar los datos mediante tablas, gráficos y medidas estadísticas para resumir y comprender la información, sin realizar conclusiones más allá de los resultados obtenidos.

Durante el pre test realizado en las fechas 23/02/2026 al 24/03/2026, se evaluaron indicadores como usabilidad del sistema (U.S.) y frecuencia de excedencia (F.E.). Luego, estos resultados se compararon con los obtenidos en el post test realizadas en las fechas 25/05/2026 al 23/06/2026.

4.2.1 Usabilidad del sistema

Tabla 5

Resumen de procesamiento de casos

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
PRETEST US	30	100.0%	0	0.0%	30	100.0%
POSTTEST US	30	100.0%	0	0.0%	30	100.0%

Nota. Elaboración propia, 2026.

Tabla 6

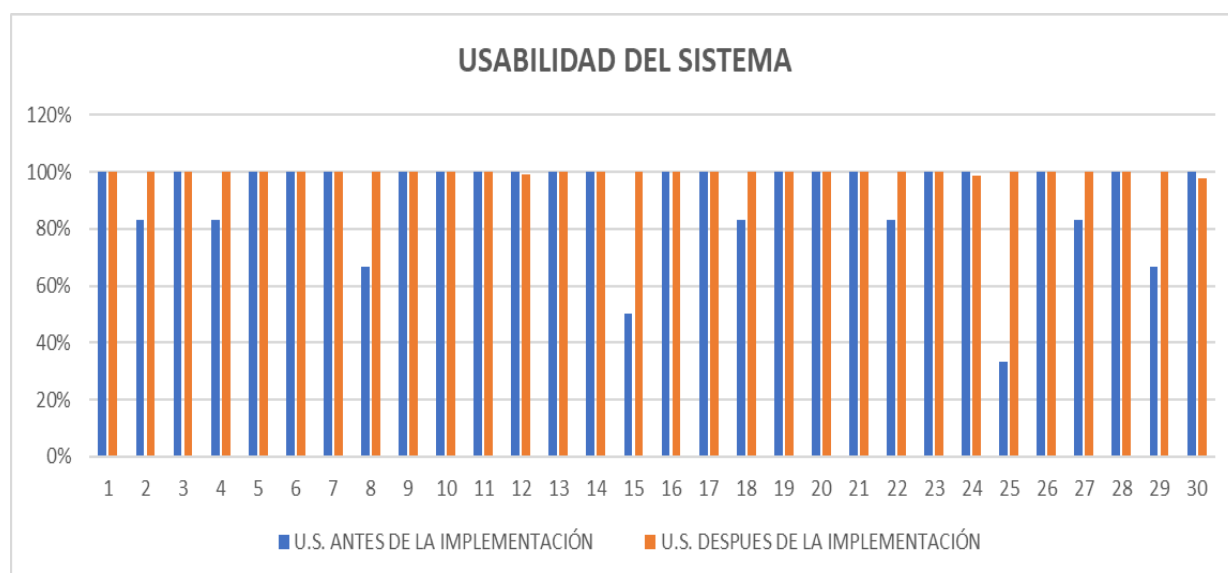
Estadístico descriptivo

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. estándar	Varianza
Pre_Test US	30	.667	.333	1.000	.91111	.168006	.028
Post_Test US	30	.021	.979	1.000	.99861	.004608	.000
N válido (por lista)	30						

Nota. Elaboración propia, 2026.

Tabla 7*Estadística descriptiva de usabilidad del sistema*

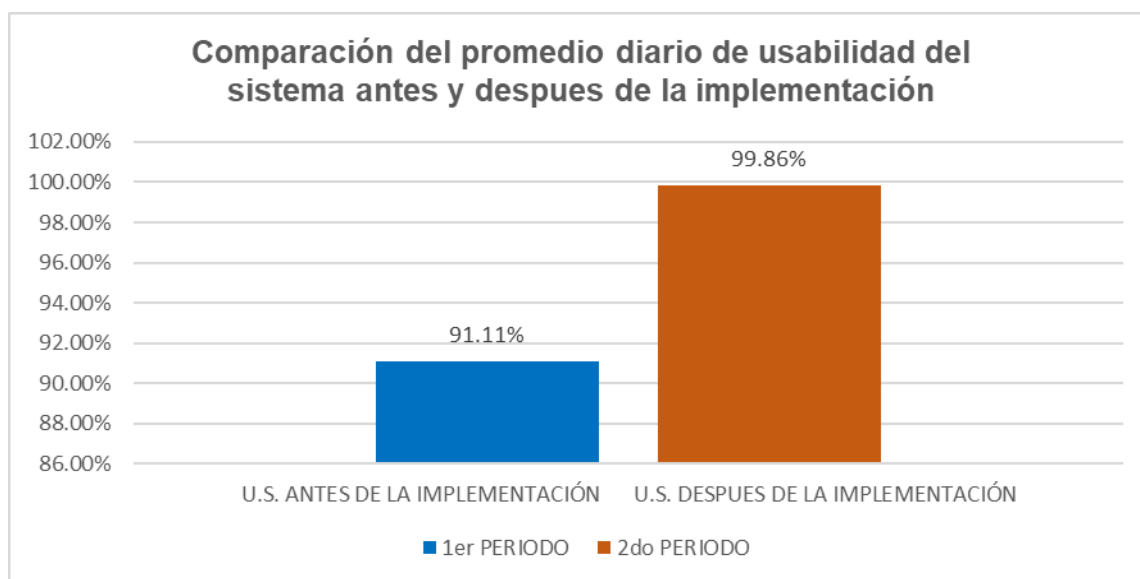
Periodo	Condición	Total de usabilidad
Primer periodo	Antes de la implementación de un gateway basado en iot	91.11%
Segundo periodo	Después de la implementación de un gateway basado en iot	99.86%

Nota. Elaboración propia, 2026.**Figura 38***Comparación diaria de usabilidad del sistema en el pre test y post test**Nota.* Elaboración propia, 2026.

En la Figura 38 se presentan los valores correspondientes a la usabilidad del sistema por día, comparando el pre test y post test.

Figura 39

Comparación del resultado de pre test y post test de la usabilidad del sistema



Nota. Elaboración propia, 2026.

En la Figura 39 se observa que en el pre test la usabilidad del sistema era de 91.11% y después de la implementación fue del 99.86%. Esto representa un incremento de usabilidad del sistema del 9.60%, lo que demuestra una mejora en la variable evaluada.

4.2.2 Frecuencia de excedencia

Tabla 8

Resumen de procesamiento de casos

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
PRETEST FE	30	100.0%	0	0.0%	30	100.0%
POSTTEST FE	30	100.0%	0	0.0%	30	100.0%

Nota. Elaboración propia, 2026.

Tabla 9*Estadístico descriptivo*

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. estándar	Varianza
PRETEST FE	30	.800	.000	.800	.24933	.186639	.035
POSTTEST FE	30	.010	.000	.010	.00067	.002537	.000
N válido (por lista)							

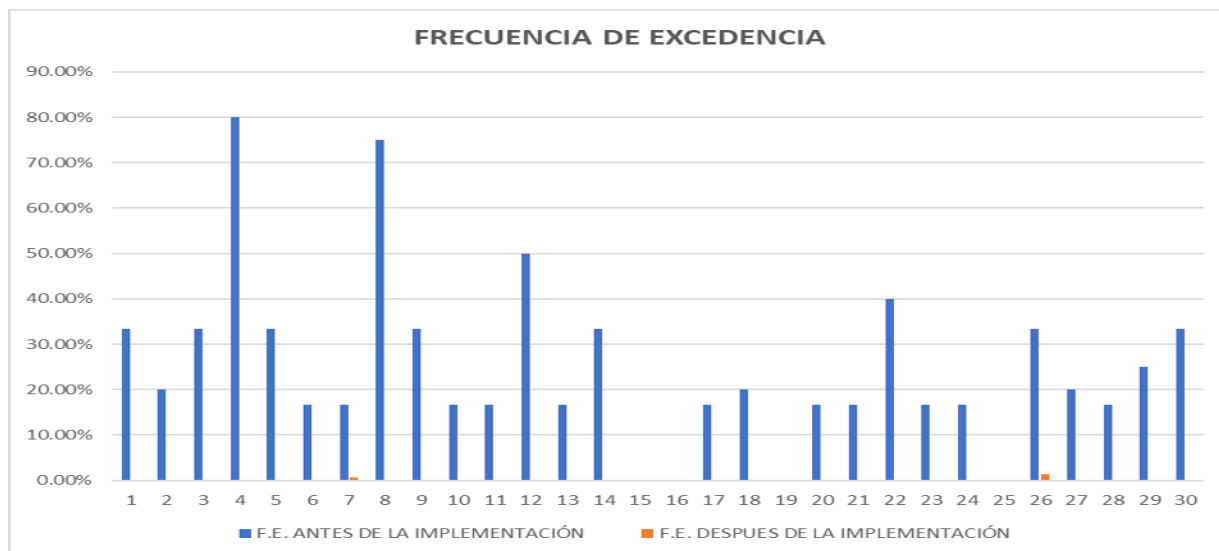
Nota. Elaboración propia, 2026.**Tabla 10***Estadística descriptiva de frecuencia de excedencia*

Periodo	Condición	Total de usabilidad
Primer periodo	Antes de la implementación de un gateway basado en iot	24.89%
Segundo periodo	Después de la implementación de un gateway basado en iot	0.07%

Nota.. Elaboración propia, 2026.

Figura 40

Comparación diaria de la frecuencia de excedencia en el pre test y post test.

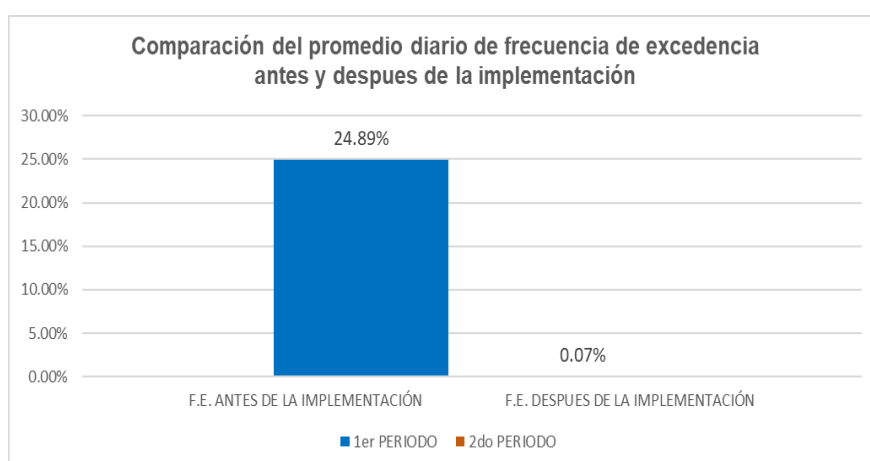


Nota. Elaboración propia, 2026.

En la Figura 40 se presentan los valores correspondientes a la frecuencia de excedencia por día, comparando el pre test y post test.

Figura 41

Comparación del resultado de pre test y post test de la frecuencia de excedencia



Nota. Elaboración propia, 2026.

En la Figura 41 se observa que en el pre test la frecuencia de excedencia era de 24.89% y después de la implementación fue del 0.07%. Esto representa una disminución del 99.72%, lo que demuestra una mejora en la variable evaluada.

4.3 Estadística inferencial

Como parte del análisis estadístico, se aplicó una prueba de normalidad para determinar si los datos seguían una distribución normal o no normal.

Según Itza (2024), la estadística inferencial permite analizar una población a partir de una muestra representativa, con el objetivo de interpretar los resultados y formular conclusiones que puedan generalizarse.

4.3.1 Hipótesis específica 1

4.3.1.1 Análisis de la normalidad de datos. Se seleccionó Shapiro Wilk debido a que el tamaño de la muestra es inferior a 50. Posteriormente, se procedió a realizar la verificación de las hipótesis. Para la toma de decisiones se aplicaron los siguientes criterios:

- Hipótesis nula (H_0): Los datos se ajustan a una distribución normal (paramétrica).
- Hipótesis alterna (H_1): Los datos se ajustan a una distribución no normal (no paramétrica)
- H_0 , sí y solo si, $\text{Sig.} \geq 0.05$
- H_1 , sí y solo si, $\text{Sig.} < 0.05$
- En este sentido, se procedió a realizar el análisis de normalidad utilizando el software IBM SPSS Statistics 32, cuyos resultados se presentan a continuación.

En donde, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 11*Prueba de normalidad Shapiro – Wilk*

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pre_test US	.402	30	<.001	.606	30	<.001
Post_test US	.518	30	<.001	.345	30	<.001
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Nota. Elaboración propia, 2026.

En la tabla 11, se evidencia que el valor de significancia(p_valor) obtenido en el pre test es menor a 0,001 cifra inferior al nivel de referencia de 0,05, por lo tanto, los datos tienen una distribución no normal y permite concluir que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Del mismo modo, se evidencia que el valor de significancia(p_valor) obtenido en el post test es menor a 0,001 cifra inferior al nivel de referencia de 0,05, por lo tanto, los datos tienen una distribución no normal y permite concluir que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

4.3.1.2 Contraste de la primera hipótesis específica. Dado los resultados en la prueba de normalidad se recurrió a la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas, por ser una técnica no paramétrica apropiada para este tipo de datos.

- Ho: La implementación de un gateway basado en IoT no influye positivamente en la usabilidad del sistema del monitoreo remoto en una EPS, Lima 2026.

- H1: La implementación de un gateway basado en IoT influye positivamente en la usabilidad del sistema del monitoreo remoto en una EPS, Lima 2026.

- H_0 , sí y solo si, Sig. ≥ 0.05

- H_1 , sí y solo si, Sig. < 0.05

Tabla 12*Estadístico de prueba*

	Pre_test US – Post_test US
Z	-2.610 ^b
Sig. asin. (bilateral)	.009

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

Nota. Elaboración propia, 2026.

En la tabla 12, se evidencia que el valor de significancia es 0.009 cifra inferior al nivel de referencia 0.05. Por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, por lo tanto, se afirma que la implementación de un gateway basado en IoT influye positivamente en la usabilidad del sistema del monitoreo remoto en una EPS, Lima 2026.

4.3.2 Hipótesis específica 2

4.3.2.1 Análisis de la normalidad de datos. Se seleccionó Shapiro Wilk debido a que el tamaño de la muestra es inferior a 50. Posteriormente, se procedió a realizar la verificación de las hipótesis. Para la toma de decisiones se aplicaron los siguientes criterios:

- Hipótesis nula (H_0): Los datos se ajustan a una distribución normal (paramétrica).

- Hipótesis alterna (H_1): Los datos se ajustan a una distribución no normal (no paramétrica)
- H_0 , sí y solo si, Sig. ≥ 0.05
- H_1 , sí y solo si, Sig. < 0.05
- En este sentido, se procedió a realizar el análisis de normalidad utilizando el software IBM SPSS Statistics 32, cuyos resultados se presentan a continuación.

En donde, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 13

Prueba de normalidad Shapiro – Wilk

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pre_test FE	.204	30	.003	.834	30	<.001
Post_test FE	.537	30	<.001	.275	30	<.001
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Nota. Elaboración propia, 2026.

En la tabla 13, se evidencia que el valor de significancia(p_{valor}) obtenido en el pre test es menor a 0,001 cifra inferior al nivel de referencia de 0,05, por lo tanto, los datos tienen una distribución no normal y permite concluir que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Del mismo modo, se evidencia que el valor de significancia(p_{valor}) obtenido en el post test es menor a 0,001 cifra inferior al nivel de referencia de 0,05, por lo tanto, los datos tienen una distribución no normal y permite concluir que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

4.3.2.2 Contraste de la segunda hipótesis específica. Dado los resultados en la prueba de normalidad se recurrió a la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas, por ser una técnica no paramétrica apropiada para este tipo de datos.

- H_0 : La implementación de un gateway basado en IoT no influye positivamente en la frecuencia de excedencia del monitoreo remoto en una EPS, Lima 2026.
- H_1 : La implementación de un gateway basado en IoT influye positivamente en la frecuencia de excedencia del monitoreo remoto en una EPS, Lima 2026.
- H_0 , sí y solo si, Sig. ≥ 0.05
- H_1 , sí y solo si, Sig. < 0.05

Tabla 14

Estadístico de prueba

	Pre_test FE – Post_test FE
Z	-4.494 ^b
Sig. asin. (bilateral)	<.001

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos positivos.

Nota. Elaboración propia, 2026.

En la Tabla 14 se observa que el valor de significancia es 0.001 cifra inferior al nivel de referencia 0.05. Por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, por lo tanto, se afirma que la implementación de un gateway basado en IoT influye positivamente en la frecuencia de excedencia del monitoreo remoto en una EPS, Lima 2026.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos evidencian que la implementación de un gateway basado en IoT contribuyó a mejorar el monitoreo remoto en una EPS, al optimizar la adquisición y transmisión de datos en tiempo real. A partir de estos hallazgos, se realizó la comparación con los antecedentes de investigación para identificar coincidencias y diferencias respecto a los resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos son consistentes con la investigación desarrollada por Macías y Loor (2024), quienes implementaron un prototipo IoT basado en un microcontrolador ESP32, sensores y el protocolo MQTT para el monitoreo remoto de variables ambientales y energéticas. Los autores concluyeron que la transmisión continua de datos y la generación de alertas automáticas permitieron optimizar la supervisión remota y mejorar la capacidad de respuesta ante eventos críticos. De manera similar, en la presente investigación el gateway implementado permitió adquirir y transmitir información en tiempo real, incrementando la usabilidad del sistema y fortaleciendo el monitoreo remoto de la calidad del agua en una EPS.

Asimismo, los resultados guardan relación con la investigación de Silva (2025), quien desarrolló un sistema portátil de monitoreo ambiental basado en tecnologías IoT para visualizar variables ambientales mediante una plataforma implementada en Node-RED. El autor concluyó que la integración de sensores, comunicación inalámbrica y herramientas de visualización permitió realizar un seguimiento continuo de la información obtenida. De forma semejante, el gateway desarrollado en la presente investigación facilitó la disponibilidad de información actualizada para supervisar los parámetros monitoreados, mejorando la usabilidad del sistema y permitiendo un monitoreo remoto más eficiente.

En el ámbito nacional, los resultados obtenidos guardan relación con la investigación de Gonzales (2026), quien implementó un sistema IoT de bajo costo para el monitoreo continuo de la calidad del agua mediante sensores inteligentes y transmisión automática de datos. La

autora concluyó que la solución desarrollada permitió recopilar información confiable durante el periodo de evaluación y mejorar la vigilancia de los parámetros fisicoquímicos del agua. De manera similar, en la presente investigación la implementación del gateway basado en IoT permitió optimizar el monitoreo remoto mediante la transmisión continua de información, reflejándose en el incremento de la usabilidad del sistema y en la disminución de la frecuencia de excedencia de los datos registrados.

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo con la investigación realizada se concluye lo siguiente:

- Se logró determinar la influencia de la implementación de un gateway basado en IoT sobre la usabilidad del sistema del monitoreo remoto en una EPS. Los resultados evidenciaron un incremento de 9.60% en la usabilidad del sistema, pasando del 91.11% en el pre test a un 99.86% en el post test.
- Se logró determinar la influencia de la implementación de un Gateway basado en IoT sobre la frecuencia de excedencia del monitoreo remoto en una EPS. Los resultados evidenciaron una disminución del 99.72% en la frecuencia de excedencia, pasando del 24.89% en el pre test a un 0.07% en el post test.
- Se logró cumplir con el objetivo general de la investigación al determinar la influencia de la implementación de un gateway basado en IoT sobre el monitoreo remoto en una EPS, Lima 2026. Los resultados evidenciaron una mejora en la usabilidad del sistema, incrementándose en 9.60% y una reducción de la frecuencia de excedencia del 99.72%. Estos resultados demuestran que la implementación del gateway basado en IoT constituye una alternativa tecnológica viable favoreciendo la toma de decisiones en la gestión de la calidad del agua.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la entidad prestadora de servicios de saneamiento realizar el mantenimiento preventivo del dispositivo gateway y del sensor solitax, con el fin de conservar la alta usabilidad del sistema y garantizar la continuidad del monitoreo remoto.
- Se recomienda al personal técnico de la empresa establecer un programa periódico de supervisión y calibración del sensor de turbidez, a fin de asegurar que los datos transmitidos a la plataforma sean precisos y confiables, beneficiando de esa manera a la población.
- Se recomienda ampliar el estudio para la conexión de mas sensores de calidad de agua como pH, cloro, conductividad y oxígeno disuelto con la finalidad de analizar el desempeño del sistema beneficiando a las empresas prestadoras de servicio y a la población.

VIII. REFERENCIAS

- Acosta Uscategui, A. M., y Montilla Enríquez, E. H. (2025). *Sistema de monitoreo automatizado con tecnologías IOT en el área de la producción en las fincas cafeteras* [Tesis doctoral, Universidad CESMAG]. <http://repositorio.unicesmag.edu.co:8080/jspui/handle/123456789/1506>
- Araujo, Y. L., Velázquez, Y. N., Andrés, A. F., y Basulto, M. S. G. (2025). Análisis de eficiencia y eficacia en universidades cubanas: Una propuesta metodológica. *Revista Cubana de Finanzas y Precios*, 9(1), 19-39. https://www.mfp.gob.cu/revista/index.php/RCFP/article/view/02_V9N12025_YLAyOtro
- Aráuz, J. J. M., Rugama, Y. Y. B., y González, K. J. G. (2025). Aplicación de la estadística inferencial en la investigación de contextos educativos. *Revista Multi-Ensayos*, 11(22), 2-21. <https://camjol.info/index.php/multiensayos/article/view/20839>
- Ashafa, Z., Usman, A. R., y Rabi, S. K. (2023). A low-cost compact electrical energy saving system integrated with PIR motion detector. *FUDMA Journal of Sciences*, 7(4), 389-393. <https://fjs.fudutsinma.edu.ng/index.php/fjs/article/view/1962>
- Ávalos, E. W. G., y Parrales, L. V. S. (2025). Eficiencia y seguridad en el proceso industrial: Automatización de bombas del sistema de transferencia de crudo. *Código Científico Revista de Investigación*, 6(E1), 1013-1033. <https://www.revistacodigocientifico.itslosandes.net/index.php/1/article/view/734/1546>
- Barrera, J. R. A., Torres, Y. E. S., y Alarcón, L. A. V. (2024). La tecnología y su impacto en la gestión de procesos y estrategias de automatización. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 6198-6221. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/12822>

- Bonet Collazo, O., Mazot Rangel, A., Casanova González, M., y Cruz Pérez, N. R. (2023). Proyecto de investigación y tesis. Guía para su elaboración. *MediSur*, 21(1), 274-288.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1727-897X2023000100274&script=sci_arttext
- Caleño, C., Briñez, O. J., Yepes, D. A., y Rodríguez, S. J. V. (2023). Desarrollo de una plataforma de territorios inteligentes para la agricultura inteligente en el departamento del Tolima. *Innovagro*, (2).
<https://revistas.sena.edu.co/index.php/INNOVAGRO/article/view/6157>
- Castro Maldonado, J. J., Gómez Macho, L. K., y Camargo Casallas, E. (2023). La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. *Tecnura*, 27(75), 140-174.
http://scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2023000100140
- Cerrillo, R. M. N., Martínez, M. Á. V., y Salamanca, A. J. A. (2024). Sensores, acceso y procesamiento de imágenes multiespectrales y térmicas de interés forestal. En R. M. Navarro Cerrillo, P. González Moreno, M. Á. Varo Martínez y A. J. Ariza Salamanca (Eds.), *Geociencias aplicadas a la gestión forestal* (cap. 5). UCOPress.
https://www.researchgate.net/profile/Antonio-Ariza-Salamanca/publication/384271233_Sensores_acceso_y_procesado_de_imagenes_multiespectrales_y_termicas_de_interes_forestal/links/66f257558f4e4465a3c496f6/Sensores-acceso-y-procesado-de-imagenes-multiespectrales-y-termicas-de-interes-forestal.pdf
- Corona Martínez, L. A., y Fonseca Hernández, M. (2023). Las hipótesis en el proyecto de investigación: ¿Cuándo sí, cuándo no? *MediSur*, 21(1), 269-273.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1727-897X2023000100269&script=sci_arttext&tlng=pt

- Correa Esquivia, S. (2023). *Diseño e implementación de un sistema descentralizado remoto, basado en tecnologías IoT y de código abierto, para la adquisición de variables eléctricas y control de un motor de inducción trifásico* [Tesis de maestría, Universidad de Antioquia]. Biblioteca Digital UdeA. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/server/api/core/bitstreams/5cc89a33-5e61-4018-87a3-a0b64fdd1714/content>
- Contreras Chura, H., Belizario Quispe, G., y Chui Betancur, H. N. (2023). Calidad del agua para consumo humano en los manantiales en la parcialidad de Jiscullaya, El Collao, Puno, Perú. *Revista Boliviana de Química*, 40(2), 1-5. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S0250-54602023000200001&script=sci_arttext
- Cuevas, J. L. S., Castillo, M. M. G., Peña, L. J. M., Jácome, O. S., y Pacheco, A. E. V. (2023). Monitoreo de temperatura y humedad ambiental con LoRaWAN: IoT en el desafío energético y el cambio climático. *Revista IPSUMTEC*, 6(5), 60-67. <https://revistas.milpaalta.tecnm.mx/index.php/IPSUMTEC/article/view/215>
- Cruz Gonzales, V. L. (2024). *Implementación de un sistema IoT para el monitoreo del OEE en tiempo real de máquinas termoformadoras de una empresa del sector plástico* [Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio UTP. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UTPD_36e6bb0cad12cc480fc21d7fd060fa6d
- Chambilla, G. J. C., Quispe, V. A. J. A., y Herrera, H. J. R. (2025). Sistema de monitoreo remoto y control automatizado del sistema acuapónico. *Ingeniería Investiga*, 7. <https://revistas.upt.edu.pe/ojs/index.php/ingenieria/article/view/1164>
- Charness, N., Fox, M., Papadopoulos, A., y Crump, C. (2013). Metrics for assessing the reliability of a telemedicine remote monitoring system. *Telemedicine and e-Health*,

19(6), 487-492.

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3662376/pdf/tmj.2012.0143.pdf>

Cheng, H., Pang, X., Deng, J., y Cui, Y. (2022). Design of temperature measuring device in student dormitory based on MSP430. *Journal of Physics: Conference Series*, 2370(1), Artículo 012001. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2370/1/012001/meta>

Damiano Perez, E. E., Huaylla Arteaga, R. H., y Rosales Rojas, C. E. (2024). *Aplicación del monitoreo remoto de la calidad del agua para mejorar las condiciones de salud de la tilapia durante su traslado en camión a zonas rurales de Piura, Perú, 2024* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Callao]. Repositorio UNAC. <https://repositorio.unac.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/99e59f48-6388-4995-bb63-21d8bed3e4fa/content>

David, V., Fernandez, N., Urinic, G. M., y Korpys, R. A. (2024). Digitalizador de sensores de temperatura con interfaz Modbus. *JIDeTEV*, (14). <https://autoresjidetev.fio.unam.edu.ar/index.php/jidetev/article/view/146>

De Giusti, A. E. (2023). Transformación digital en educación superior: Posibilidades y desafíos. *TE & ET*. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/158703>

Electromanía Perú. (s.f.-a). *10x resistencias de carbón 1/2W 5%*. <https://www.electromania.pe/producto/10x-resistencias-de-carbon-1-2w-5/>

Electromanía Perú. (s.f.-b). *Capacitor electrolítico 10uF 25V*. <https://www.electromania.pe/producto/capacitor-electrolitico-10uf-25v/>

Esteban Carnuccio, M. V., Adagio, M., Hirschfeldt, D., y Vera, A. (s.f.). *Módulo gateway de Bluetooth para emulador de STM32 dentro de Docker*. https://www.researchgate.net/profile/Esteban-Carnuccio/publication/391327301_Modulo_Gateway_de_Bluetooth_para_emulador_

de_STM32_dentro_de_Docker/links/6812b43fd1054b0207e5b9db/Modulo-Gateway-de-Bluetooth-para-emulador-de-STM32-dentro-de-Docker.pdf

España, A. D. B., y Contreras, J. D. L. (2023). Diseño de un módulo de entrenamiento para prácticas de electrónica analógica. *Revista Social Fronteriza*, 3(6), 70-84.
<https://www.revistasocialfronteriza.com/ojs/index.php/rev/article/view/118>

Estrada, R. C. R., Hernández-Sánchez, A. L., Aguilar-Díaz, D. A., y Pérez-Sánchez, J. M. (2024). Sensores y tipos de sensores. *TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río*, 11(21), 50-52.
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/tepexi/article/view/11779>

Galdámez Martínez, N. E., y Ruíz Carmona, J. G. (2025). *Manuales: Montaje EDUROBOLEARNING, uso de librería ARDUINO, uso de impresión 3D*. REDICCES.
<http://www.redicces.org.sv/jspui/handle/10972/5470>

García Gonzales, A. A. (2026). *Monitoreo de la calidad del agua para zonas rurales mediante un sistema de sensores de bajo costo basados en IoT* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio UNSM.
<https://repositorio.unsm.edu.pe/gestion/items/75e04444-9648-47e9-8b61-86c7e7eceb93>

Garnica, E. H., Bautista, L. C., Blas, Y. S., Aguilar, G. M., Hernández, E. M. P., y Arteaga, D. G. N. (2024). Introducción a la tarjeta Arduino. *Ciencia Huasteca Boletín Científico de la Escuela Superior de Huejutla*, 12(24), 36-40.
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/huejutla/article/view/11804>

Grados, J. E. (2025). Saturación de la información. Tamaño de muestra según diseños de investigación cualitativa. *EDUTECH REVIEW. International Education Technologies Review / Revista Internacional de Tecnologías Educativas*, 10(1), 1-9.
<https://edulab.es/revEDUTECH/article/view/5460>

- Granados, A. G., García-Vargas, M. D. L. E., y Carrizal-Alonzo, M. A. M. (2025). Automatización industrial y competitividad manufacturera: Tecnologías clave, desafíos y aplicaciones prácticas en el contexto de una industria de retailing. *IECCMEXICO*, 3(1). <https://ieccmexicojournal.com/index.php/publishing/article/view/37>
- Guzmán-Muñoz, E., Mendez-Rebolledo, G., Concha-Cisternas, Y., y Faúndez-Casanova, C. (2025). Diseños de investigación cuantitativa en ciencias de la actividad física y la salud. *Ciencias de la Actividad Física (Talca)*, 26(2), 63-85. <https://www.scielo.cl/pdf/rcaf/v26n2/0719-4013-rcaf-26-02-63.pdf>
- Hach. (s.f.). *Sonda de inmersión Solitax t-line sc para medida de turbidez 0.001–4000 NTU con rasqueta PVC* [Ficha técnica]. <https://es.hach.com/sonda-de-inmersion-solitax-t-line-sc-para-medida-de-turbidez-0-001-4000-ntu-con-rasqueta-pvc/product-downloads?id=24930072327>
- Hernández, E. B., Puente, J. V., y Espinosa, M. G. A. (2025). Programación y pensamiento lógico, desde la mirada del estudiante en el NMS. *Jóvenes en la Ciencia*, 37, 1-12. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/es/article/view/4831>
- Itza Ortiz, M. F. (2024). *Estadística descriptiva: Principios básicos de estudio*. Instituto de Ciencias Biomédicas. https://www.researchgate.net/profile/Jose-Chavez-8/publication/394116536_Estadistica_Descriptiva_Principios_basicos_de_estudio/links/68a368517984e374ace97262/Estadistica-Descriptiva-Principios-basicos-de-estudio.pdf
- Klusmann Vieira, M. H., y Guillermo Rimac, B. O. (2024). *Diseño de una arquitectura de internet de las cosas (IoT) orientada al monitoreo de la calidad del aire en zonas de impacto ambiental de operaciones mineras a tajo abierto, empleando sensores de bajo costo y comunicación mediante el protocolo LoRaWAN* [Tesis de licenciatura,

- Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC.
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/entities/publication/79dbe496-4e1d-5794-8528-c040f3ba1a39>
- Loor Barrezueta, J. A., y Macías Mora, I. A. (2024). *Diseño e implementación de prototipo IoT para el monitoreo de parámetros ambientales y de consumo de energía aplicados a datacenters utilizando hardware de bajo costo y servicios web* [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana]. DSpace UPS.
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28127>
- Loli, B. E., Griggio, L. B., Suptil, T., Felix, S. A. B., de Oliveira Vicente, L., Silva, J. M. S., y Gómez, A. P. B. (2025). Telemedicina y monitoreo remoto para superar la inercia terapéutica en el control de la hipertensión arterial: Una revisión integrativa. *Revista UniNorte de Medicina y Ciencias de la Salud*, 13(3), 48-57.
<https://revistas.uninorte.edu.py/index.php/medicina/article/view/136>
- Leyva, R. E. C., Mayorga, T., y Criollo, P. (2023). Sistema de monitoreo remoto para mantenimiento predictivo en un motor eléctrico. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (E55), 128-144.
<https://www.proquest.com/openview/a64bd3dc8868ab5b4b639b499ea358a2/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393>
- Luna, A. J. C., Villarreal, R. D. Q., Martínez, F. S. D., Rodríguez, F. G. C., y Criollo, P. D. M. (2025). WiFish: Plataforma de monitoreo de acuicultura basada en IoT y cloud computing con cifrado AES-128. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 2(46), 190-200. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10323069>
- Macías, N. A. G., Guadarrama, C. P., Zaragoza, Á. A. G., Guerrero, X. M., y Ordaz, J. M. B. (s.f.). *Efecto-causa de aplicar un voltaje impulsional a un modelo biológico. Uso de la*

técnica de bioimpedancia eléctrica. Repositorio Institucional de la Universidad de Guanajuato. <http://repositorio.ugto.mx/handle/20.500.12059/13379>

- Martínez-Corona, J. I., Palacios-Almón, G. E., y Oliva-Garza, D. B. (2023). Guía para la revisión y el análisis documental: Propuesta desde el enfoque investigativo. *Ra Ximhai*, 19(1). https://www.researchgate.net/profile/Jose-Isaias-Martinez-Corona-2/publication/369385707_Guia_para_la_revision_y_el_analisis_documental_propuesta_desde_el_enfoque_investigativo/links/6419d1a866f8522c38c211b7/Guia-para-la-revision-y-el-analisis-documental-propuesta-desde-el-enfoque-investigativo.pdf
- Martínez, J. M. M., Chávez, I. Y. S., Chávez, F. M., Arturo, V., Ruelas, M., y Medina, R. A. O. (2026). Robot móvil con set de instrucciones de control de movimiento sobre protocolo Modbus RTU. *Revista Politécnica de Aguascalientes*, 7. <https://revistapolitecnicaags.upa.edu.mx/wp-content/uploads/2026/06/V7107.pdf>
- Marianetti, O. L., Chediack, E., Zorrero Maio, J., Manzur, E., y Da Via, N. (2025, 4-7 de agosto). *Un modelo de integración de computación en la nube y computación en la niebla para aplicaciones de IoT* [Presentación de paper]. Simposio Argentino en Ingeniería en Computación (SAIC 2025) - JAIIO 54, Universidad de Buenos Aires, Argentina. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/190749>
- Monar, J. H. S. (2023). La importancia de las plataformas digitales en los negocios. *Latam: Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(1), 299. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9585727>
- Mondragón, G. M., Andrade, J. G. D., y Londoño, S. M. (2024). Medición de la constante dieléctrica del papel y vidrio en capacitores. *Publicaciones e Investigación*, 18(1). <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/7794>

- Mouser Electronics. (s.f.). *L7805CD2T-TR: Regulador de voltaje lineal 5.0 V 1.0 A positivo*.
<https://www.mouser.pe/ProductDetail/STMicroelectronics/L7805CD2T-TR>
- Mollo, S. E. C. (2023). Diseños de investigación cualitativa y cuantitativa. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 1865-1879.
<https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/7016/10657>
- Naylamp Mechatronics. (s.f.). *Módulo MAX485 conversor RS485 a serial TTL*.
<https://naylampmechatronics.com/conversores-ttl/62-conversor-rs485-a-serial-ttl.html>
- Ordoñez Pacheco, A. F. (s.f.). Metodología académica con aplicación a las investigaciones sociales: Enfoques, tipos, métodos y diseños. *Revista Científica Sociedad & Tecnología*.
<https://institutojubones.edu.ec/ojs/index.php/societec/es/article/view/484/871>
- Ortiz Yumisaca, A. E. (2024). *Propuesta didáctica para el desarrollo del pensamiento computacional mediante la programación visual por bloques* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Chimborazo]. DSpace UNACH.
<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/12692>
- Pacheco, A. J. N., Pilay, Y. E. V., y Alay, J. I. G. (2023). Avances actuales de las IoT y sus diversas aplicaciones. *ConcienciaDigital*, 6(1), 58-74.
<https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/ConcienciaDigital/article/view/2440>
- Pérez, C. P. (2025). La automatización en la gestión: Análisis de la propuesta del modelo GEMSES. *Revista de Ciencias y Artes*, 3(1), 36-46.
<https://mail.revistasucal.com/index.php/rca/article/view/113>
- Punguil Eras, A. P., Rojas Bueno, J. I., Guillen Gavilanes, M. D., y Herrera Núñez, E. F. (2024). Manual de iniciación en el uso y aplicaciones básicas de la tarjeta ESP32. *Revista*

Científica Multidisciplinar G-nerando, 5(2), 15-46.
<https://doi.org/10.60100/rcmg.v5i2.254>

- Quiza, R., Ramírez, O. H., Arana, Y. C., y Santana, M. R. (2023). Propuesta de una arquitectura de monitoreo industrial orientada a Industria 4.0. *Revista Cubana de Transformación Digital*, 4(3), 6. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9495474>
- Qi, J., Li, S., Benoy, G., Xing, Z., Gao, L., y Meng, F. R. (2022). Impacts of sampling frequency on the estimation accuracy of exceedance for suspended solids and nitrates in streams in small to medium-sized watersheds. *Journal of Hydrology X*, 17, Artículo 100139. Obtenido en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589915522000219>
- Ramos, E. (2024). *Influencia de la IoT en la automatización del control de temperatura y humedad en invernaderos del distrito de Pampas* [Tesis doctoral, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio UNCP. <https://repositorio.uncp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/fc89678b-358e-4de2-b70b-f0982740e3f2/content>
- Rodríguez, G. A. V., Gonzales, E. J. V., y De Los Santos, A. C. M. (2024). La importancia de la optimización de procesos con IoT en el sector industrial. *Ingeniería Investiga*, 6. Obtenido en <https://revistas.upt.edu.pe/ojs/index.php/ingenieria/article/view/1091>
- Rojas Briseno, L. A., y Domínguez Ramírez, O. A. (2025). MQTT: Protocolo de comunicación en las IoT. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 13(Especial 2), 24-33. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/view/14698>
- Romero, E., Garcia, J. G., Parra, M., Caballa, S., Saldarriaga, A. M., Luque, E. F., Rodriguez, D. J., Abarca, V. E., y Elias, D. A. (2025). An affordable AI-driven and 3D-printed personalized myoelectric prosthesis: Design, development, and assessment. *IEEE*

- Access*, 13, 139631-139649.
<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=11114954>
- Sánchez, C. A. S. (2025). Diseño de un nodo sensor Edge IoT para el monitoreo de contaminantes atmosféricos. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información: RITI*, 13(30), 25-41.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10503343>
- Silva-Moreno, M. A., & Culma-Caraballo, K. S. (2026). *Diseño e implementación de un sistema portátil de monitoreo de variables ambientales basado en IoT en la Universitaria Agustiniiana* [Tesis de grado, Universitaria Agustiniiana]. Repositorio Uniagustiniana. <https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/items/64330e11-0a02-49fa-81d1-4058bc2f4efe>
- Sídorov, V. N. (2024). La automatización de los procedimientos aduaneros en la facilitación del comercio. *Ratio Juris*, 19(38), 679-705.
<https://www.redalyc.org/journal/5857/585781496020/585781496020.pdf>
- Soto Perez, A. R., Silva, C., Ladenheim, R., Durante, E., y Eymann, A. (2025). Experiencia de un examen virtual con monitoreo remoto: Perspectivas de los aspirantes a una residencia de psicología. *Investigación en Educación Médica*, 14(53), 35-42.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-50572025000100035&script=sci_arttext
- Tan, S. Y., Sumner, J., Wang, Y., y Wenjun Yip, A. (2024). A systematic review of the impacts of remote patient monitoring (RPM) interventions on safety, adherence, quality-of-life and cost-related outcomes. *npj Digital Medicine*, 7(1), Artículo 192.
<https://www.nature.com/articles/s41746-024-01182-w>

- Tapara Apaza, P. R. (2024). *Diseño e implementación de un sistema de monitoreo remoto de temperatura dentro de los congeladores industriales aplicando IOT* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio UNSAAC. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/10175>
- Texas Instruments. (s.f.). *SN65HVD11-HT: High temperature 3.3-V RS-485 transceiver*. <https://www.ti.com/product/es-mx/SN65HVD11-HT>
- Toalá, J. P. (s.f.). *La importancia de los sensores de fibra óptica en el monitoreo del deterioro estructural en concreto*. https://www.revistatecnologiadigital.com/pdf/15_01_006_importancia_sensores_fibra_optica_monitoreo_deterioro_estructural_concreto.pdf
- Torres, W., Sánchez, J., Bustos, S., y Coronel, M. (2024). Arquitectura de IoT para el monitoreo de emisiones de gases contaminantes de vehículos y su validación a través de Machine Learning. *Ingenius: Revista de Ciencia y Tecnología*, (32). <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28097>
- Tecnología.net. (s. f.). *Protoboard*. <https://tecnologia.net/?s=protoboard>
- UNIT Electronics. (s.f.). *ESP32 38 pines ESP WROOM 32 MicroUSB / USB-C*. <https://uelectronics.com/producto/esp32-38-pines-esp-wroom-32-microusb-usb-c/>
- Vargas, J. F. C. (2025). Análisis de los beneficios de sistemas IoT por control de voz para la automatización del hogar de personas con discapacidad motriz en Quito. *Revista Científica Élite*, 7(2), 1-10. <https://www.revistaelite.itsqmet.edu.ec/index.php/elite/article/view/132>
- Zhen, Q., Di, Q., Wang, Y., y Yang, Q. (2023). Channel characteristics and interface drive of single core bus of while drilling in intelligent guide drilling. *Chinese Journal of Geophysics*, 66(1), 131-138. <http://geophy.cn/dzdqs-data/cjg/2023/1/PDF/dqwlxb-66-1-131.pdf>

Zúñiga, P. I. V., Cedeño, R. J. C., y Palacios, I. A. M. (2023). Metodología de la investigación científica: Guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 9723-9762. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/7658>

IX. ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia.

Implementación de un gateway basado en iot para el monitoreo remoto en una EPS, lima 2026

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variable	Dimensión	Indicador	Metodología
Problema general: ¿De qué manera una implementación de un gateway basado en IoT influye positivamente en el monitoreo remoto en una EPS, Lima 2026?	Objetivo general: Determinar la influencia de la implementación de un gateway basado en IoT sobre el monitoreo remoto en una EPS, Lima 2026.	Hipótesis general: La implementación de un gateway basado en IoT influye positivamente en el monitoreo remoto en una EPS, Lima 2026	Variable dependiente Monitoreo remoto	Usabilidad del sistema	$\frac{\text{Lecturas obtenidas}}{\text{Lecturas previstas}} \times 100\%$	Enfoque de la investigación: Cuantitativa
Problema específico 1: ¿De qué manera una implementación de un gateway basado en IoT influye positivamente en la usabilidad del sistema del monitoreo remoto en una EPS, Lima 2026?	Objetivo específico 1: Determinar la influencia de la implementación de un gateway basado en IoT sobre la usabilidad del sistema del monitoreo remoto en una EPS, Lima 2026.	Hipótesis específica 1: La implementación de un gateway basado en IoT influye positivamente en la usabilidad del sistema del monitoreo remoto en una EPS, Lima 2026.				Tipo de investigación: Aplicada
Problema específico 2: ¿De qué manera una implementación de un gateway basado en IoT influye positivamente en la frecuencia de excedencia del monitoreo remoto en una EPS, Lima 2026?	Objetivo específico 2: Determinar la influencia de la implementación de un gateway basado en IoT sobre la frecuencia de excedencia del monitoreo remoto en una EPS, Lima 2026.	Hipótesis específica 2: La implementación de un gateway basado en IoT influye positivamente en la frecuencia de excedencia del monitoreo remoto en una EPS, Lima 2026.		Frecuencia de excedencia	$EF = \frac{n(C \geq C_{tc})}{T} \times 100\%$	Nivel de investigación: Descriptivo y Explicativo
						Diseño de investigación: Pre experimental
						Población y muestra: Población: Turbiedad del agua expresada en unidades nefelométricas de turbidez. Muestra: Estudio censal.
						Técnicas e instrumentos: Técnica: Observación directa. Instrumento: Fichas de registro.

Anexo B. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición operacional	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
Monitoreo remoto	Capacidad del sistema para reemplazar el proceso manual de muestreo cada 4 horas por un monitoreo continuo y automatizado, permitiendo al personal de la EPS visualizar los valores de turbidez del agua en tiempo real desde cualquier dispositivo con acceso a internet.	La usabilidad del sistema se define como el cociente entre el número de lecturas recibidas por el sistema, excluyendo aquellas consideradas irracionales, y el número de lecturas esperadas durante el período de evaluación (Charness et al., 2012)	Usabilidad del sistema	$US = \frac{Lecturas\ obtenidas}{Lecturas\ previstas} \times 100\%$
		La frecuencia de excedencia se define como el porcentaje del número de puntos de muestreo que exceden la concentración umbral respecto del número total de puntos de muestreo (Qi et al., 2022).	Frecuencia de excedencia	$EF = \frac{n(C \geq C_{tc})}{T} \times 100\%$

Anexo C. Usabilidad del sistema - Pre test

INDICADOR: USABILIDAD DEL SISTEMA				
Periodo	23/02/2026 - 24/03/2026	Fórmula	$US = \frac{LECTURAS\ OBTENIDAS}{LECTURAS\ PREVISTAS} \times 100\%$	
	FECHA	LECTURAS OBTENIDAS	LECTURAS PREVISTAS	US
DÍA 1	23/02/2026	6	6	100.00%
DÍA 2	24/02/2026	5	6	83.33%
DÍA 3	25/02/2026	6	6	100.00%
DÍA 4	26/02/2026	5	6	83.33%
DÍA 5	27/02/2026	6	6	100.00%
DÍA 6	28/02/2026	6	6	100.00%
DÍA 7	1/03/2026	6	6	100.00%
DÍA 8	2/03/2026	4	6	66.67%
DÍA 9	3/03/2026	6	6	100.00%
DÍA 10	4/03/2026	6	6	100.00%
DÍA 11	5/03/2026	6	6	100.00%
DÍA 12	6/03/2026	6	6	100.00%
DÍA 13	7/03/2026	6	6	100.00%
DÍA 14	8/03/2026	6	6	100.00%
DÍA 15	9/03/2026	3	6	50.00%
DÍA 16	10/03/2026	6	6	100.00%
DÍA 17	11/03/2026	6	6	100.00%
DÍA 18	12/03/2026	5	6	83.33%
DÍA 19	13/03/2026	6	6	100.00%
DÍA 20	14/03/2026	6	6	100.00%
DÍA 21	15/03/2026	6	6	100.00%
DÍA 22	16/03/2026	5	6	83.33%
DÍA 23	17/03/2026	6	6	100.00%
DÍA 24	18/03/2026	6	6	100.00%
DÍA 25	19/03/2026	2	6	33.33%
DÍA 26	20/03/2026	6	6	100.00%
DÍA 27	21/03/2026	5	6	83.33%
DÍA 28	22/03/2026	6	6	100.00%
DÍA 29	23/03/2026	4	6	66.67%
DÍA 30	24/03/2026	6	6	100.00%
PROMEDIO				91.11%

Anexo D. Usabilidad del sistema - Post test

INDICADOR: USABILIDAD DEL SISTEMA				
Periodo	25/05/2026 - 23/06/2026	Fórmula	$US = \frac{LECTURAS\ OBTENIDAS}{LECTURAS\ PREVISTAS} \times 100\%$	
	FECHA	LECTURAS OBTENIDAS	LECTURAS PREVISTAS	US
DÍA 1	25/05/2026	144	144	100.00%
DÍA 2	26/05/2026	144	144	100.00%
DÍA 3	27/05/2026	144	144	100.00%
DÍA 4	28/05/2026	144	144	100.00%
DÍA 5	29/05/2026	144	144	100.00%
DÍA 6	30/05/2026	144	144	100.00%
DÍA 7	31/05/2026	144	144	100.00%
DÍA 8	1/06/2026	144	144	100.00%
DÍA 9	2/06/2026	144	144	100.00%
DÍA 10	3/06/2026	144	144	100.00%
DÍA 11	4/06/2026	144	144	100.00%
DÍA 12	5/06/2026	143	144	99.31%
DÍA 13	6/06/2026	144	144	100.00%
DÍA 14	7/06/2026	144	144	100.00%
DÍA 15	8/06/2026	144	144	100.00%
DÍA 16	9/06/2026	144	144	100.00%
DÍA 17	10/06/2026	144	144	100.00%
DÍA 18	11/06/2026	144	144	100.00%
DÍA 19	12/06/2026	144	144	100.00%
DÍA 20	13/06/2026	144	144	100.00%
DÍA 21	14/06/2026	144	144	100.00%
DÍA 22	15/06/2026	144	144	100.00%
DÍA 23	16/06/2026	144	144	100.00%
DÍA 24	17/06/2026	142	144	98.61%
DÍA 25	18/06/2026	144	144	100.00%
DÍA 26	19/06/2026	144	144	100.00%
DÍA 27	20/06/2026	144	144	100.00%
DÍA 28	21/06/2026	144	144	100.00%
DÍA 29	22/06/2026	144	144	100.00%
DÍA 30	23/06/2026	141	144	97.92%
PROMEDIO				99.86%

Anexo E. Frecuencia de excedencia - Pre test

INDICADOR: FRECUENCIA DE EXCEDENCIA				
Periodo	23/02/2026 - 24/03/2026	Fórmula	$FE = \frac{n(C \geq C_{tc})}{T} \times 100\%$	
	FECHA	SUPERACIÓN DEL UMBRAL > 5 NTU	TOTAL DE MEDICIONES	FE
DÍA 1	23/02/2026	2	6	33.33%
DÍA 2	24/02/2026	1	5	20.00%
DÍA 3	25/02/2026	2	6	33.33%
DÍA 4	26/02/2026	4	5	80.00%
DÍA 5	27/02/2026	2	6	33.33%
DÍA 6	28/02/2026	1	6	16.67%
DÍA 7	1/03/2026	1	6	16.67%
DÍA 8	2/03/2026	3	4	75.00%
DÍA 9	3/03/2026	2	6	33.33%
DÍA 10	4/03/2026	1	6	16.67%
DÍA 11	5/03/2026	1	6	16.67%
DÍA 12	6/03/2026	3	6	50.00%
DÍA 13	7/03/2026	1	6	16.67%
DÍA 14	8/03/2026	2	6	33.33%
DÍA 15	9/03/2026	0	3	0.00%
DÍA 16	10/03/2026	0	6	0.00%
DÍA 17	11/03/2026	1	6	16.67%
DÍA 18	12/03/2026	1	5	20.00%
DÍA 19	13/03/2026	0	6	0.00%
DÍA 20	14/03/2026	1	6	16.67%
DÍA 21	15/03/2026	1	6	16.67%
DÍA 22	16/03/2026	2	5	40.00%
DÍA 23	17/03/2026	1	6	16.67%
DÍA 24	18/03/2026	1	6	16.67%
DÍA 25	19/03/2026	0	2	0.00%
DÍA 26	20/03/2026	2	6	33.33%
DÍA 27	21/03/2026	1	5	20.00%
DÍA 28	22/03/2026	1	6	16.67%
DÍA 29	23/03/2026	1	4	25.00%
DÍA 30	24/03/2026	2	6	33.33%
PROMEDIO				24.89%

Anexo F. Frecuencia de excedencia - Post test

INDICADOR: FRECUENCIA DE EXCEDENCIA				
Periodo	23/05/2026 - 24/06/2026	Fórmula	$FE = \frac{n(C \geq C_{tc})}{T} \times 100\%$	
	FECHA	SUPERACIÓN DEL UMBRAL > 5 NTU	TOTAL DE MEDICIONES	FE
DÍA 1	25/05/2026	0	144	0.00%
DÍA 2	26/05/2026	0	144	0.00%
DÍA 3	27/05/2026	0	144	0.00%
DÍA 4	28/05/2026	0	144	0.00%
DÍA 5	29/05/2026	0	144	0.00%
DÍA 6	30/05/2026	0	144	0.00%
DÍA 7	31/05/2026	1	144	0.69%
DÍA 8	1/06/2026	0	144	0.00%
DÍA 9	2/06/2026	0	144	0.00%
DÍA 10	3/06/2026	0	144	0.00%
DÍA 11	4/06/2026	0	144	0.00%
DÍA 12	5/06/2026	0	143	0.00%
DÍA 13	6/06/2026	0	144	0.00%
DÍA 14	7/06/2026	0	144	0.00%
DÍA 15	8/06/2026	0	144	0.00%
DÍA 16	9/06/2026	0	144	0.00%
DÍA 17	10/06/2026	0	144	0.00%
DÍA 18	11/06/2026	0	144	0.00%
DÍA 19	12/06/2026	0	144	0.00%
DÍA 20	13/06/2026	0	144	0.00%
DÍA 21	14/06/2026	0	144	0.00%
DÍA 22	15/06/2026	0	144	0.00%
DÍA 23	16/06/2026	0	144	0.00%
DÍA 24	17/06/2026	0	142	0.00%
DÍA 25	18/06/2026	0	144	0.00%
DÍA 26	19/06/2026	2	144	1.39%
DÍA 27	20/06/2026	0	144	0.00%
DÍA 28	21/06/2026	0	144	0.00%
DÍA 29	22/06/2026	0	144	0.00%
DÍA 30	23/06/2026	0	141	0.00%
PROMEDIO				0.07%

Anexo G. Ficha técnica del sensor de turbiedad

Datos Técnicos*

	Para la inserción en tuberías		Para la inmersión en depósitos abiertos		
Modelo	Solitax inline sc	Solitax highline sc	Solitax t-line sc	Solitax ts-line sc	Solitax hs-line sc
Parámetro	Sólidos en suspensión, Turbidez	Sólidos en suspensión de rango alto, Turbidez	Turbidez	Sólidos en suspensión, Turbidez	Sólidos en suspensión de rango alto, Turbidez
Rango de medición	Contenido de TSS: 0.001 - 50 g/L; 0.001 - 50,000 mg/L Turbidez: 0.001 - 4000 NTU	Contenido de TSS: 0.001 - 500 g/L; 0.001 - 500,000 mg/L (el rango superior depende de las características de la muestra) Turbidez: 0.001 - 4000 NTU	Turbidez: 0.001 - 4000 NTU	Contenido de TSS: 0.001 - 50 g/L; 0.001 - 50,000 mg/L Turbidez: 0.001 - 4000 NTU	Contenido de TSS: 0.001 - 500 g/L; 0.001 - 500,000 mg/L (el rango superior depende de las características de la muestra) Turbidez: 0.001 - 4000 NTU
Unidades	Turbidez: seleccionable por el usuario: NTU, FNU o TE/F Sólidos en suspensión: seleccionable por el usuario: g/L, mg/L, ppm o % de sólidos				
Exactitud	Turbidez hasta 1000 NTU: sin calibración <5 % del valor medido ±0,01 NTU con calibración <1 % del valor medido ±0,01 NTU				
Repetibilidad	Contenido de TSS: < 3 % Turbidez: < 1 %				
Tiempo de respuesta T90	1 - 300 s ajustable				
Método de calibración	Turbidez: formacina o estándar Stabcal (a 800 NTU). Sólidos en suspensión: específica de muestra, basada en el análisis de TSS gravimétrico con procedimiento de factor de corrección.				
Certificaciones	CE				
Caudal de muestra	Máx. 3 m/s (la presencia de burbujas de aire afecta la medición)				
Rango de temperatura de operación	0 - 40 °C				
Compatibilidad del controlador	SC4500, SC1000, SC200				
Clasificación IP	IP68				
Rango de presión	Sensor de inserción de acero inoxidable: < 6 bares o < 60 m	PVC: < 1 bar o < 10 m	Sensor de inmersión de acero inoxidable: < 6 bares o < 60 m PVC: < 1 bar o < 10 m		
Material	Cuerpo de sonda: acero inoxidable 1.4571 o PVC negro Brazo de limpieza: acero inoxidable 1.4581; Rasqueta: silicona (estándar) Opcional: FKM/FPM (LZX578); Eje de rasqueta: acero inoxidable 1.4571 Conector pasacables: acero inoxidable 1.4305 o PVC blanco				
Peso	Inmersión: Acero inoxidable: 1,38 kg; PVC: 0,52 kg Inserción: Acero inoxidable: 2,4 kg				
Longitud de cable	10 m (cables de extensión opcionales disponibles)				

Anexo H. Mantenimiento del sensor de turbiedad

TAREA DE MANTENIMIENTO	DURACIÓN
INSPECCIÓN VISUAL	Mensual
COMPROBAR LA CALIBRACIÓN	Depende las condiciones de uso
CAMBIO DE SELLOS	Cada 2 años
CAMBIO DEL WIPER	Cada 20000 ciclos o 1 año

Anexo I. Tarjeta PCB gateway