

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE COMPUTACIÓN

**Tema: “Internet de las cosas (IoT) para el monitoreo de tanques de agua tratada”**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del  
título de Ingeniero en Ciencias de la Computación

AUTOR: Bustos Villarreal Stiven David

TUTOR: Ing. Del Hierro Mosquera Milton Gabriel MSc

Tulcán, 2025.

## **CERTIFICADO DEL TUTOR**

Certifico que el estudiante Bustos Villarreal Stiven David con el número de cédula 0401850201 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Internet de las cosas (IoT) para el monitoreo de tanques de agua tratada"

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Integración Curricular, Titulación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva

---

Ing. Del Hierro Mosquera Milton Gabriel MSc

**TUTOR**

Tulcán, agosto de 2025

## AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniero en la Carrera de computación de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Bustos Villarreal Stiven David con cédula de identidad número 0401850201 declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



---

Bustos Villarreal Stiven David

**AUTOR**

Tulcán, agosto de 2025

## ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, Bustos Villarreal Stiven David declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Internet de las cosas (IoT) para el monitoreo de tanques de agua tratada" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



---

Bustos Villarreal Stiven David

**AUTOR**

Tulcán, agosto de 2025

## **AGRADECIMIENTO**

*Quiero extender mi más sincero agradecimiento a todas las personas que me han apoyado durante la elaboración de mi tesis.*

*En primer lugar, agradecer a **Dios** por darme la fuerza y sabiduría para llegar a completar este proyecto. **A mi madre y hermanos** por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser ese lugar de refugio y fuerza.*

### **Al GAD de Montúfar**

*por su disponibilidad y cordialidad, agradecer a todas las personas que forman parte de la dirección de agua y alcantarillado por compartir los conocimientos necesarios para que el proyecto pueda tomar vida.*

### **A mi tutor de tesis**

*estoy sumamente agradecido por su orientación, paciencia y por difundir su vasto conocimiento conmigo. Su asesoramiento fue vital para el desarrollo de esta investigación.*

### **También agradecer a mis docentes, amigos y compañeros**

*por su acompañamiento en este proceso, su apoyo moral durante este trayecto de estudio. Sus palabras de aliento hicieron este proceso mucho más llevadero.*

### **Finalmente agradezco a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi**

*por brindarme la oportunidad de aprender y crecer tanto personalmente como en la academia.*

**Stiven David Bustos Villarreal**

## **DEDICATORIA**

### **A mi madre**

*Por su amor y apoyo incondicional durante todo mi camino académico, por sus sacrificios, y por formarme como la persona que soy hoy.*

### **A mis hermanos**

*Por su presencia en mi vida y por ser fuente de inspiración y apoyo.*

### **A mis profesores**

*Por inspirarme a seguir adelante y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia.*

**Stiven David Bustos Villarreal**

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	13
<b>ABSTRACT</b> .....	14
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	15
<b>I. EL PROBLEMA</b> .....	16
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	16
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	17
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	17
<b>1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	18
1.4.1. Objetivo General.....	18
1.4.2. Objetivos Específicos.....	18
1.4.3. Preguntas de Investigación.....	18
<b>II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	20
<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	20
<b>2.2. MARCO TEÓRICO</b> .....	23
2.2.1 Monitoreo .....	23
2.2.2 Proceso.....	24
2.2.3 Caudal .....	25
2.2.4 Medición de nivel.....	25
2.2.5 Tanques de reserva .....	26
2.2.6 Internet de las cosas (IoT) .....	26
2.2.7 Estructura de un sistema IoT .....	26
2.2.8 Sensores.....	27
2.2.9 Sensores de boya .....	28
2.2.10 Sensor ultrasónico HC-SR04 .....	29
2.2.11 Arduino Yun y Arduino Uno wifi Rev2.....	29

2.2.12 Arduino Mega.....	30
2.2.13 ESP32-WROOM.....	31
2.2.14 Lenguajes de programación .....	32
2.2.15 Bases de datos.....	33
2.2.16 MySQL.....	34
2.2.17 Dashboard .....	34
2.2.18 Grafana.....	35
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>38</b>
<b>3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO .....</b>	<b>38</b>
3.1.1. Enfoque .....	38
3.1.1.1 Enfoque Mixto .....	38
3.1.2. Tipo de Investigación .....	38
<b>3.2. IDEA A DEFENDER .....</b>	<b>39</b>
<b>3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES .....</b>	<b>39</b>
3.3.1. Definición de variables .....	39
3.3.2. Operacionalización de variables .....	39
<b>3.4. MÉTODOS UTILIZADOS .....</b>	<b>40</b>
3.4.1 Método analítico.....	40
3.4.2 Método deductivo .....	40
<b>3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....</b>	<b>41</b>
3.5.1 Población y Muestras .....	41
3.5.2 Instrumentos de investigación.....	41
3.5.2.1 Entrevistas estructuradas .....	41
3.5.2.2 Fichas de caracterización .....	42
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>43</b>
<b>4.1. RESULTADOS .....</b>	<b>43</b>
4.1.1. Resultados de la entrevista .....	43
4.1.2. Resultados de la ficha de caracterización.....	45

<b>4.2. PROPUESTA</b> .....	48
4.2.1. Estudio de Factibilidad.....	50
4.2.1.1. Factibilidad Organizacional .....	50
4.2.1.2. Factibilidad Técnica .....	52
4.2.1.3. Factibilidad Económica.....	52
4.2.1.4. Factibilidad Operativa.....	53
4.2.2 Fase de planificación .....	54
4.2.3. Fase de diseño.....	56
4.2.4. Fase de codificación .....	61
4.2.5. Plataforma de visualización .....	63
4.2.6. Fase de pruebas.....	66
<b>4.3. DISCUSIÓN</b> .....	68
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	71
<b>5.1. CONCLUSIONES</b> .....	71
<b>5.2. RECOMENDACIONES</b> .....	72
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	73
<b>VII. ANEXOS</b> .....	77

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sensores para la medición de nivel de agua.....	28
Tabla 2. Top 10 de los mejores lenguajes de programación según el índice TIOBE	33
Tabla 3. Comparativa Bases de datos relacionales y NoSQL.....	34
Tabla 4. Variable independiente: internet de las cosas (IoT) .....	39
Tabla 5. Variable Dependiente: Monitoreo de tanques de agua tratada.....	40
Tabla 6. Recopilación de Información.....	42
Tabla 7. Base de Datos .....	49
Tabla 8. Herramienta de visualización de datos.....	49
Tabla 9. Recursos Software.....	52
Tabla 10. Recursos del Sistema .....	52
Tabla 11. Factibilidad Económica .....	53
Tabla 12. Roles del proyecto.....	54
Tabla 13. Estimación de tiempo .....	54
Tabla 14. Tareas de usuarios .....	55
Tabla 15. Atributos de la entidad medición .....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Three-laver IoT architecture .....	27
Figura 2: Tipos de sensores .....	27
Figura 3: Arduino Yun .....	30
Figura 4. Arduino Mega 2560 .....	31
Figura 5: ESP32-WROOM .....	32
Figura 6. Sensor de flotador o boya .....	29
Figura 7: Sensor ultrasónico HC-SR04.....	29
Figura 8. Fases de la metodología XP .....	37
Figura 9. Ficha de caracterización .....	42
Figura 10. Ficha de caracterización del proceso de observación .....	45
Figura 11. Ficha de caracterización del proceso de recolección de información ....	46
Figura 12. Ficha de caracterización del proceso visualización de datos .....	47
Figura 13. Modelo basado en agentes del sistema IoT.....	48
Figura 14: Objetivos Estratégicos .....	51
Figura 15: Organigrama del GAD Montúfar.....	51
Figura 16.Circuito Electrónico del Sistema IOT .....	56
Figura 17. Diagrama de flujo de ingreso de usuarios .....	57
Figura 18. Diagrama de flujo asignación de roles .....	57
Figura 19. Diagrama de flujo recolección de datos .....	58
Figura 20. Modelo entidad Relación.....	58
Figura 21. Diseño de BDD .....	59
Figura 22. Elementos del Sistema de monitoreo IoT.....	59
Figura 23. Microcontrolador ESP32 con los pines de las válvulas .....	60
Figura 24. Maquetado de la lista de usuarios .....	60
Figura 25. Maquetado de gráficos .....	61
Figura 26. Maquetado de exportación de datos.....	61
Figura 27. Codificación de la esp32 para la obtención de datos.....	62
Figura 28. Codificación de ingreso de la esp32 a la red .....	62

Figura 29. Codificación de script de conexión a la base de datos .....	63
Figura 30. Definición del puerto de comunicación.....	63
Figura 31. Menú inicial de Grafana.....	64
Figura 32. Conexión de MySQL.....	64
Figura 33. Integración de URL del host Grafana-MySQL.....	65
Figura 34. Modelo de apertura y cierre de válvulas según llenado y distribución.....	65
Figura 35. Dashboard de los datos obtenidos .....	66
Figura 36. Prueba del algoritmo en acción.....	66
Figura 37. Prueba de envío de los datos. ....	67
Figura 38. Prueba de visualización de la información.....	67
Figura 39. Prueba de exportación de datos. ....	68
Figura 40. Elementos electrónicos del sistema.....	81
Figura 41. Esp32 y pines de conexión.....	81
Figura 42. Instrucciones de conexión a Internet .....	82
Figura 43. Dirección del servidor para la comunicación .....	82
Figura 44. Archivo de conexión y envío de datos .....	83
Figura 45. Levantamiento de servicios en XAMPP .....	84
Figura 46. Creación de Tabla de almacenamiento de datos .....	84
Figura 47. Instalador de Grafana .....	85

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de sustentación de Predefensa del TIC .....	77
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas.....	78
Anexo 3. Manual Técnico .....	80

## RESUMEN

Esta investigación titulada "Internet de las cosas (IoT) para el monitoreo de tanques de agua tratada" ahonda en el estudio de sistemas IoT basados en la recolección de información y su vínculo con los procesos de monitoreo de tanques de reserva, el objetivo primordial de la investigación fue desarrollar un sistema aplicando Internet de las cosas (IoT) que sea capaz de integrar el proceso de monitoreo de los niveles de agua tratada dentro de los tanques de reserva, para la consumación de este fin se planteó la selección del enfoque de carácter mixto encadenado de la investigación documental y de campo que dieron paso a la recolección de información mediante la aplicación de una entrevista al director y la aplicación de fichas de caracterización al encargado del monitoreo y suministro de agua, generando como resultado la obtención de información detallada de los procesos y problemas de mayor concurrencia en el área. Así dando inicio al desarrollo de un prototipo basado en Internet de las cosas direccionado al entorno web, para la ejecución de esta propuesta se aplicó la metodología ágil XP permitiendo seleccionar los instrumentos de mayor utilidad para la elaboración del proyecto, mediante un estudio de factibilidad se determina que la dirección de agua potable y alcantarillado se encuentra en posibilidades de adoptar el sistema si así lo consideran, dentro del campo técnico se define un sistema desarrollado con una base de datos MySQL, lenguaje php, un esp32 y Dashboard en Grafana para crear un aspecto intuitivo y dinámico para el usuario. El uso de este conjunto de tecnologías combinadas con el seguimiento de actividades XP consiguió que el desarrollo del sistema sea confiable y rápido, y se adquirió como guía la documentación elaborada que puede llegar a ser reutilizable en investigaciones futuras, incluso en trabajos de implementación.

**Palabras Claves:** sistema, IoT, monitoreo, proceso

## ABSTRACT

Esta investigación titulada "Internet de las cosas (IoT) para el monitoreo de tanques de agua tratada" ahonda en el estudio de sistemas IoT basados en la recolección de información y su vínculo con los procesos de monitoreo de tanques de reserva, el objetivo primordial de la investigación fue desarrollar un sistema aplicando Internet de las cosas (IoT) que sea capaz de integrar el proceso de monitoreo de los niveles de agua tratada dentro de los tanques de reserva, para la consumación de este fin se planteó la selección del enfoque de carácter mixto encadenado de la investigación documental y de campo que dieron paso a la recolección de información mediante la aplicación de una entrevista al director y la aplicación de fichas de caracterización al encargado del monitoreo y suministro de agua, generando como resultado la obtención de información detallada de los procesos y problemas de mayor concurrencia en el área. Así dando inicio al desarrollo de un prototipo basado en Internet de las cosas direccionado al entorno web, para la ejecución de esta propuesta se aplicó la metodología ágil XP permitiendo seleccionar los instrumentos de mayor utilidad para la elaboración del proyecto, mediante un estudio de factibilidad se determina que la dirección de agua potable y alcantarillado se encuentra en posibilidades de adoptar el sistema si así lo consideran, dentro del campo técnico se define un sistema desarrollado con una base de datos MySQL, lenguaje php, un esp32 y Dashboard en Grafana para crear un aspecto intuitivo y dinámico para el usuario. El uso de este conjunto de tecnologías combinadas con el seguimiento de actividades XP consiguió que el desarrollo del sistema sea confiable y rápido, y se adquirió como guía la documentación elaborada que puede llegar a ser reutilizable en investigaciones futuras, incluso en trabajos de implementación.

**Keywords:** system, IoT, monitoring, process

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día las instituciones públicas de la mano de direcciones de agua potable y alcantarillado son responsables de una variedad de tareas con el objetivo de garantizar el acceso al líquido vital, a consecuencia de esto muchas instituciones se ven direccionadas a llevar sus labores de mano de la tecnología buscando ayudas en la automatización de las diferentes actividades, permitiendo optimizar tiempo y recursos.

La dirección de agua potable y alcantarillado del municipio del cantón Montúfar encargada de suministrar agua potable a la población de San Gabriel actualmente ejecuta el proceso de monitoreo donde visualiza el comportamiento del agua en los tanques de reserva, este proceso lo realiza el encargado de monitorear dicha estación haciendo uso de varas de medición donde se llega a verificar puntos óptimos con base a los niveles del agua, llegando a registrar los datos obtenidos de manera manual, por lo que se define que dicho proceso no es el más adecuado y podría afectar el suministro de agua potable.

Por consiguiente, la investigación tiene como objetivo fundamental analizar el proceso de monitoreo que se ejecuta en la dirección de agua potable y alcantarillado permitiendo delinear un marco teórico y metodológico que alimente al proceso de desarrollo de un sistema IoT aportando en el proceso de esta área y adaptándose a las necesidades de la dirección.

El enfoque mixto en la investigación definir y dimensionar las variables a analizar sobre herramientas IoT y procesos de monitoreo. Se determino la investigación de campo y documental para la recolección de información en la dirección de agua potable y alcantarillado enfocado al área de monitoreo, se aplicó fichas de caracterización para levantar información referente el proceso de monitoreo y entrevista para ver el estado de situación inicial.

El desarrollo de la propuesta fue encaminado por la metodología de software XP y la obtención de la información se la hizo mediante instrumentos de investigación, permitiendo adaptar al proceso de cálculo de niveles, volumen y caudal en el sistema IoT, la medula del sistema es él envió de datos mediante internet y tecnología de visualización de datos, para complementar los componentes del entorno IoT.

## I. EL PROBLEMA

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La UNESCO menciona que el Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de la ONU advierte que casi 2 mil millones de personas en todo el mundo (26% de la población mundial) viven cerca de la escasez de agua. Estas amenazas provienen de factores como el cambio climático, el crecimiento demográfico, y el suministro deficiente de agua (UNESCO, 2023).

La Agencia de Regulación y Control de agua del Ecuador (ARCA) tienen pérdidas de 320 millones de dólares cada año, lo cual es igual al 0.3 % del PIB nacional y este valor esta entre fugas, recopilación insuficiente de datos y robos de agua potable (Torres W. , 2021). Las provincias con menor cobertura de líquido vital son: Esmeraldas, Loja, Pastaza, Los Ríos, Chimborazo y Carchi. La falta de accesibilidad del agua esta enlazado a problemas de desnutrición crónica infantil (Márquez, 2023).

El Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de Montúfar, a través de la dirección de Agua Potable y Alcantarillado en San Gabriel, realiza actividades para garantizar el acceso a servicios básicos de agua potable y saneamiento, esta se encuentra en la provincia del Carchi, Ecuador.

Para el proceso de monitoreo de los tanques de agua del GAD Montúfar la Dirección de Agua Potable y Alcantarillado cuenta con un procedimiento no óptimo para llevar dicho monitoreo, el cual consiste en acercarse directamente a las reservas para ver si no se presentan problemas en dichos tanques, este procedimiento conlleva demasiado tiempo debido a que dichos almacenamientos no se encuentran cerca de la ciudad, dentro de las problemáticas que se pueden dar es el derrame y filtraciones de agua.

Por ello se considera que conocer los niveles de los tanques de agua es muy importante para la toma de decisiones y para dar el cumplimiento de un buen suministro del líquido vital a la ciudad de San Gabriel conformada por 14.497

habitantes según el censo del 2022 por parte del Instituto nacional de estadísticas y censos INEC.

La dirección de Agua Potable y Alcantarillado desconoce los niveles de agua dentro de los tanques de reserva del líquido vital, por lo que, al momento de presentarse derrame y filtraciones de agua, se genera el desperdicio de este recurso natural, esto encadena desabastecimiento en la población de la ciudad de San Gabriel, aumento del riesgo de enfermedades, y pérdidas económicas por parte de la Dirección de Agua Potable y Alcantarillado.

Ante esta problemática se plantea un sistema basado en el Internet de las cosas (IoT) como una herramienta crucial para enfrentar el desconocimiento de los niveles de agua tratada en los tanques de reserva llevando, a optimizar el proceso de monitoreo y control de las reservas, con ello se llega a cumplir la regulación número 011 emitida por la Agencia de Regulación y Control de Agua (ARCA, 2022). Esta regulación establece criterios para minimizar la pérdida de agua potable en sistemas monitoreados por municipios y Juntas Administradoras de Agua Potable (JAAP).

En este contexto la Dirección de Agua Potable y Alcantarillado se enfrenta a serios desafíos en materia de monitoreo de los niveles del agua en los tanques de reserva del GAD Montúfar, lo cual conlleva un impacto negativo en base a la demanda de agua potable por parte de la ciudadanía en San Gabriel, es preocupante que el desabastecimiento del líquido vital se ha vuelto un recurso de acceso limitado conllevando a la escasez de agua en horas de alto consumo o demanda.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿De qué manera el Internet de las cosas (IoT) ayuda en el monitoreo de tanques de agua tratada en el GAD Montúfar?

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Este estudio abordará la limitada investigación sobre el Internet de las Cosas, mejorando el enriquecimiento literario y reforzando la reputación académica de la institución. Además, pretende proporcionar herramientas innovadoras que beneficien a la comunidad académica y a la sociedad en conjunto.

Un sistema basado en Internet de las cosas para el monitoreo de nivel de agua dentro de los tanques de reserva del GAD Montúfar da solución a la problemática de tener pérdida del líquido vital y a consecuencia de esto generar desabastecimiento de agua en la población de San Gabriel, esto permitirá visualizar los niveles de agua,

evitando pérdidas económicas, pérdidas de líquido vital y desabastecimiento en la demanda del consumo de agua tratada.

Por lo que tendremos como resultado el abastecimiento de líquido vital a la población de San Gabriel cumpliendo con la demanda de este recurso natural, así evitando el gasto de recursos económicos en derrames del agua.

De esta manera, con un sistema IoT se procura monitorear los niveles de agua tratada en los tanques de reserva, por lo que una de las alternativas es hacer uso de herramientas IoT que permitan controlar y monitorear en que niveles se encuentra el agua dentro de los tanques de reserva, generando control y monitoreo del nivel de agua tratada en los tanques, llegando a cumplir con el sexto ODS que se enfoca en garantizar el acceso universal a una gestión sostenible del agua y el saneamiento.

El estudio busca contribuir con una herramienta basada en IoT que ayude en el monitoreo de los niveles de agua en los tanques de reserva del GAD Montúfar. Generando un monitoreo remoto y en tiempo real de los niveles de agua desde cualquier ubicación, facilitando la supervisión y toma de decisiones. Además, permitirá generar eficiente consumo de agua y ahorro de recursos hídricos.

#### **1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

##### 1.4.1. Objetivo General

Desarrollar el monitoreo de niveles de agua aplicando internet de las cosas en los tanques de reserva del Gobierno Autónomo Descentralizado de Montúfar.

##### 1.4.2. Objetivos Específicos

- Analizar el proceso y elementos que intervienen dentro del monitoreo de los tanques de agua tratada.
- Identificar que herramientas basadas en el Internet de las cosas ayudan en el monitoreo de agua tratada en los tanques de reserva, para una gestión eficiente en el suministro.
- Diseñar de una solución informática para el monitoreo de agua tratada en los tanques de reserva del GAD Montúfar.

##### 1.4.3. Preguntas de Investigación

¿Cómo se lleva a cabo el proceso de monitoreo de los tanques de agua tratada y que elementos participan en dicho proceso?

¿Qué herramientas basadas en el Internet de las cosas ayudan en el monitoreo de agua tratada en los tanques de reserva?

¿Por qué una solución informática ayuda en el monitoreo de agua tratada en los tanques de reserva del GAD Montúfar?

## II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de la siguiente investigación se ha tomado referencia de los antecedentes investigativos presentados a continuación, los cuales servirán de ayuda para enmarcar el presente estudio, está compuesto de artículos científicos y proyectos de tesis encaminados con las dos variables a estudiar:

La investigación realizada por (Luque, 2023) que conlleva el tema “Propuesta de implementación de sensores de nivel de agua con macromedidor en reservorio R-2 para la identificación temprana de fallos operacionales, Arequipa - 2021” menciona que El objetivo general de esta tesis fue desarrollar una propuesta para la implementación de sensores de nivel de agua con un medidor macro en el reservorio R-2 para detectar fallas operativas a tiempo.

Se utilizó una técnica no experimental de alcance descriptivo para evaluar la situación actual de la operación del Reservorio R-2 en Arequipa e identificar los factores que contribuyen a las fallas operativas. Se utilizaron observaciones directas y fichas de registro.

Después de eso, se diseñó la arquitectura operacional para la implementación de un sensor de nivel con un medidor de nivel macro y se determinaron los beneficios operativos y económicos de su implementación.

Esta investigación permite entender cómo el monitoreo del nivel de agua es muy importante para tomar decisiones y controlar un buen suministro del líquido vital.

Según (Herrera y otros, 2020) en su investigación “Sistema IoT para el control del nivel de tanques en Aguas de La Habana” menciona que los controladores lógicos programables, que se encargan de controlar los procesos de producción, purificación y traslado de agua potable, tienen un alto costo, además de las dificultades existentes para obtenerlos.

El objetivo es complementar el telecontrol basado en controladores lógicos programables con una solución económica que se conecta por GPRS y utiliza el protocolo de comunicación máquina-máquina (M2M) de transporte de telemetría de mensajes en cola (MQTT, Message Queing Telemetry Transport) a través de un servidor Mosquitto y un escudo GSM 2.0 de Arduino. La solución incluye el sensor ultrasónico HC-SR04, que mide la distancia desde el agua. Muestra el resultado a los profesores en dispositivos móviles a través de una aplicación de Android y también es visible en un sistema de supervisión y adquisición de datos de un centro de mando (SCADA). El llamado método de desarrollo de software. Programación XP extrema y desarrollo de capas. Se obtiene como resultado reducir el coste de introducir el control automático. nivel del tanque al cambiar/actualizar desarrolladores lógicos programable en Arduino. Estos dispositivos no causan problemas, y fueron adquiridos por Aguas de La Habana.

Según (Carriazo, 2021) en su investigación denominada "Sistema de monitoreo de la calidad del agua basado en IoT, utilizando técnicas de analítica de datos para la detección de anomalías, en los acueductos ejecutados por el plan departamental de aguas (PDA) de Córdoba" menciona que el agua potable es un derecho humano porque es fundamental para la salud y la vida de los seres vivos. Sin embargo, debido a diversos factores como la minería, la explotación del petróleo, la contaminación fecal, entre otros, la falta de monitoreo y el desconocimiento de la calidad del agua, puede resultar en enfermedades infecciosas que afectan a las 8 personas, especialmente a los más vulnerables (niños y ancianos). Además, la falta de sistemas que permitan detectar en tiempo real los parámetros de calidad del agua fuera de los rangos establecidos impide una toma de decisiones. Sistema de monitoreo de datos basado en Internet de las cosas que utiliza medidores especiales para capturar variables y parámetros físico-químicos del agua doméstica en tiempo real, como un modelo completo para el profesional de la ingeniería que realiza actividades de consumo humano en lugares de difícil acceso, y como dispositivo basado en IoT para este trabajo, para demostrar la confiabilidad de las mediciones realizadas porque representan un prototipo defectuoso que podría ser utilizado, para informar a los usuarios sobre las desviaciones en tiempo real de los parámetros de calidad del agua potable para que se pueda crear una base de datos que se pueda comparar con mediciones futuras.

Según (Limaico & Nacimba, 2022) en su investigación titulada "Desarrollo de una red IoT para el monitoreo de variables de un sistema de agua, en la junta Sana Cuendina" menciona que aprovechando las innovadoras tecnologías de comunicación disponibles, el desarrollo del prototipo se llevó a cabo mediante la implementación de LoRa, fundamentado en Internet de las Cosas (IoT), lo que permite un monitoreo más preciso de los datos obtenidos de las mediciones de agua, con el objetivo de optimizar procesos y utilizar equipos de bajo consumo energético y costo. Esta estrategia contribuye a reducir costos adicionales para la persona encargada de realizar las lecturas de agua en la junta administradora del recurso hídrico. Para el control del consumo de agua por parte de los usuarios, se estableció una red modular punto a punto, constituyendo una red LoRaWAN de dispositivos LoRa 32 (módulos de comunicación), que funcionan como nodos responsables de procesar y transmitir los datos recolectados por los sensores de caudal conectados a los módulos. Esto permite acortar los tiempos de operación en las lecturas de las variables y la transmisión de datos a la oficina que gestiona la facturación del consumo de agua. Para tal propósito, se definió un área de prueba con un radio de cobertura de 1 km alrededor de la oficina. El prototipo sugerido satisface las exigencias de la junta de agua, destacándose en la reducción de costos de consumo, la precisión en el registro de lecturas y la comunicación eficiente entre el receptor y el transmisor.

Según (Morillo & Narváez, 2023) en su investigación "Automatización, gestión de datos y medición continua de niveles de agua en un tanque de almacenamiento de la red de distribución de agua potable UMAPAL de la ciudad de Loja." Menciona que se realizó la implementación de un sistema para el monitoreo y visualización de los datos relativos al nivel de agua en un tanque de la UMAPAL. Este sistema está constituido por tres componentes fundamentales: medición, comunicación y presentación de datos. En la fase de medición, se empleó un sensor ultrasónico resistente al agua, situado en el interior del tanque, que se encuentra conectado a una placa CubeCell dotada de tecnología LoRaWAN y alimentada por tres baterías de litio recargables, las cuales se recargan mediante paneles solares. Estos dispositivos fueron implementados en el tanque Clodoveo Alto, ubicado en la ciudad de Loja. Durante la fase de comunicación, se implementó el protocolo LoRaWAN, con el propósito de facilitar la escalabilidad del sistema y su posible replicación en otros tanques administrados por la UMAPAL. Se implementó un Gateway MikroTik WAP LR9 en la planta de tratamiento de agua Pucará de la UMAPAL, el cual fue configurado

para redirigir los paquetes hacia un servidor LoRa en línea. En la fase de presentación de datos, se emplearon servidores gratuitos como The Things Network para la decodificación y retransmisión de la información hacia la plataforma IoT Ubidots. En este contexto, se crearon widgets destinados a la visualización del nivel, altura y volumen de agua medidos, con actualizaciones programadas cada 15 minutos. Asimismo, se han archivado los datos de mediciones previas, los cuales pueden ser consultados en cualquier momento mediante la página web o la aplicación móvil de Ubidots. Los resultados obtenidos revelan un funcionamiento eficiente del sistema, evidenciando una medición precisa, un alcance de red LoRaWAN adecuado y una representación accesible de los datos de medición, la cual ya está siendo empleada por el personal de UMAPAL.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### 2.2.1 Monitoreo

El monitoreo es la acción de examinar, observar y monitorear un proceso con el objetivo de recopilar información y para la posterior toma de decisiones. El monitoreo se basa en la observación continua de varios estados con el objetivo de encontrar anomalías y verificar el desempeño de ciertas actividades que se están observando (Muñoz A. , 2020).

Los tres tipos principales de monitoreo son:

El monitoreo manual implica recopilar datos directamente de los individuos. Las observaciones visuales, las mediciones con instrumentos portátiles o las encuestas manuales pueden ser ejemplos de esto.

Monitoreo Automatizado: la recopilación de datos continua o programada se realiza a través de sistemas y dispositivos automatizados. Esto puede incluir sensores, dispositivos de recopilación de datos y cámaras de vigilancia, que automáticamente recopilan y transmiten datos a un sistema centralizado.

Monitoreo remoto: la recopilación de datos se lleva a cabo a través de tecnologías de comunicación. Esto puede incluir el uso de telemetría, teledetección, satélites o drones para recopilar información sobre áreas o sistemas que son difíciles de acceder físicamente.

El seguimiento está compuesto por las siguientes características:

Continuidad, sistemática, objetiva, adaptativa, precisa y confiable, y oportuna.

### 2.2.2 Proceso

Un proceso es un conjunto de actividades que se realizan de manera concatenada, es decir, consecutivamente, con la intención de lograr un objetivo o fin específico. Además, los procesos incluyen subprocesos conocidos como mini actividades que se realizan de manera ordenada y secuencial dentro de un proceso (Torres Í. , 2022).

Los procesos tendrán un objetivo diferente, pero estos se ven enmarcados en 4 principios.

- Los procesos generan valor e información al servicio final.
- Disminuye costos de producción o servicios.
- Maximiza la calidad del servicio y producto.
- Maximiza la eficiencia del servicio y producto.

Características de los procesos:

Orden de las operaciones: Los procesos consisten en una secuencia lógica de operaciones que se realizan en una secuencia predeterminada para lograr un resultado específico.

Propósito claro: todo proceso tiene un propósito definido y claro, que puede ser, por ejemplo, producción de bienes, prestación de servicios, toma de decisiones.

Entradas y Salidas: Los procesos reciben entradas en forma de recursos, información o materiales y producen salidas que representan los resultados obtenidos después de realizar las actividades del proceso.

Agregar valor: los procesos agregan valor a los insumos al realizar acciones que cambian o mejoran esos insumos, produciendo resultados que son más valiosos que los insumos originales.

Interacción con el medio ambiente: Los procesos interactúan con su entorno, que puede incluir otros procesos, sistemas, personas o factores externos que pueden afectar sus acciones y resultados.

Medición y control: los procesos generalmente se realizan bajo medición y control del desempeño para garantizar que se alcancen los objetivos establecidos y que se mantenga la calidad y eficiencia del proceso.

Flexibilidad: Los procesos deben ser lo suficientemente flexibles para adaptarse a los cambios en el entorno, los requisitos del cliente, los recursos disponibles u otros factores que puedan afectar su desempeño.

Mejora Continua: Los procesos se mejoran continuamente para optimizar su eficiencia, calidad y eficacia en el tiempo. Esto puede incluir identificar y eliminar desperdicios, acortar los tiempos de los ciclos.

### 2.2.3 Caudal

El caudal dentro del área o campo de mecánica de fluidos es el volumen de agua que cruza un tramo en un tiempo determinado (Valdivielso, 2020).

El caudal se mide mediante la siguiente fórmula:

$$Q = V / t$$

Donde Q es el caudal, V es el volumen y la t es el tiempo.

Los siguientes factores tienen un impacto en el flujo de corriente:

Ubicación geográfica y topografía: los accidentes y características geográficas como montañas, valles y cuencas hidrográficas tienen un impacto en la distribución y el movimiento del agua, lo que tiene un impacto en el flujo de ríos, arroyos y otros cuerpos de agua.

Precipitaciones: La cantidad y la intensidad de las precipitaciones son dos factores importantes que determinan la cantidad de agua disponible en un lugar. Las precipitaciones pueden variar de acuerdo con la estación, el clima y la ubicación.

### 2.2.4 Medición de nivel

Una tarea crucial en los procesos industriales es medir el nivel de líquidos. La variación de la cantidad de agua con respecto al tiempo y al volumen de donde se encuentra se presenta como la medición. Hablamos de tres principios para medir el nivel de líquidos (Luque, 2023).

Los estándares de medición de nivel son:

Medición precisa: Incluye el uso de dispositivos o instrumentos que detectan directamente el nivel de un ambiente, como flotadores, sensores de nivel o sensores sin contacto, como ultrasonidos y radares.

La medición indirecta utiliza la presión hidrostática, la capacitancia eléctrica, la conductividad y la radiación nuclear para deducir el nivel.

Tipos de medidores: Hay una amplia gama de medidores de nivel, que van desde simples varillas hasta sistemas más avanzados basados en tecnologías como sensores de presión diferencial, capacitivos, ultrasónicos y radar.

#### 2.2.5 Tanques de reserva

Los tanques de reserva o almacenamiento son recipientes mayormente elaborado con geometría cilíndrica, preparados para contener y conservar productos sólidos o líquidos (Iberia, 2022). Los tanques de depósito de agua son uno de los artículos más utilizados porque permiten almacenar uno de los bienes más valiosos, como el agua.

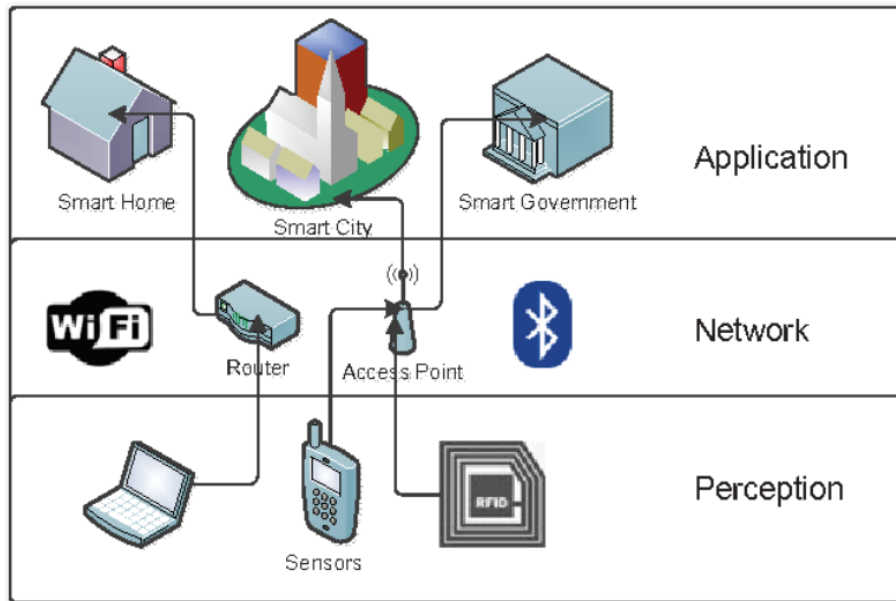
Los tanques de almacenamiento brindan varias ventajas, incluida la confiabilidad y continuidad del suministro, la capacidad de almacenar líquidos en momentos de baja demanda y la capacidad de cumplir con las regulaciones y estándares relacionados con el almacenamiento y uso de líquidos.

#### 2.2.6 Internet de las cosas (IoT)

Internet de las cosas, o por sus siglas La Internet de las cosas (IoT) es una de las tecnologías emergentes más populares que permite la interconectividad y la comunicación entre una variedad de dispositivos electrónicos. En otras palabras, el Internet de las cosas es una red de objetos de uso diario que intercambian, recopilan y envían datos principalmente por sí mismos (Salinas y otros, 2022).

#### 2.2.7 Estructura de un sistema IoT

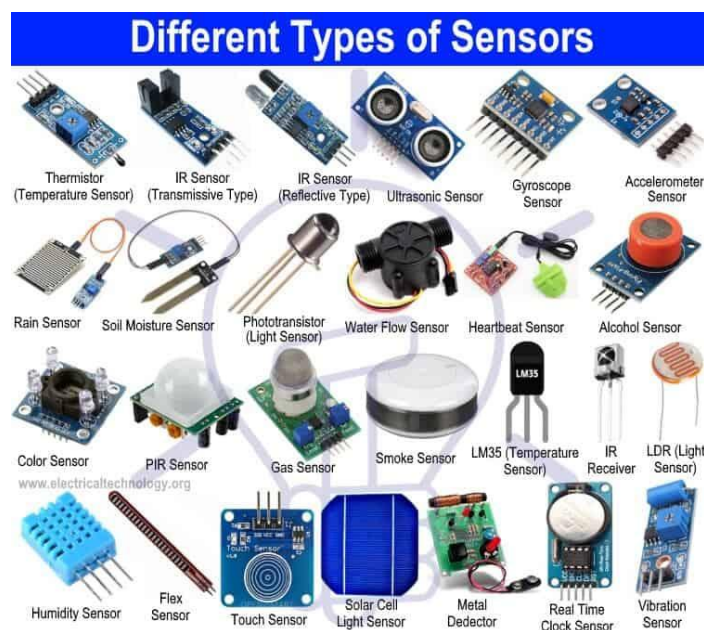
Para comprender mejor el Internet de las cosas, es crucial comprender los componentes que componen un sistema de Internet de las cosas. La Figura 2 muestra tres componentes principales que componen un sistema Internet de las cosas.



**Figura 1:** Three-laver IoT architecture  
**Fuente:** (Jecrespom, 2021)

### 2.2.8 Sensores

Los sensores pueden medir o dimensionar variables físicas y químicas y recopilar información de una variedad de fuentes, como la distancia y el sonido, entre otras. Los sensores de Internet de las cosas son solo hardware para realizar mediciones y recopilar información, y estos son uno de los primeros componentes para implementar IoT (Pooja y otros, 2020). Existen diversos tipos de sensores como los que se muestran en la Figura 3.



**Figura 2:** Tipos de sensores  
**Fuente:** (ELECTRICAL TECHNOLOGY, 2022)

Se buscan sensores que puedan medir el nivel de agua, ya que esto nos permite elegir si llenar o vaciar un contenedor según sea necesario. Para determinar el nivel de agua en los sensores, tenemos:

- Sensor de agua capacitivo
- Sensores ultrasónicos
- Sensores de presión
- Sensores de flotador

Estos sensores se usan según el ámbito y área donde van a ser usados para ello observaremos algunas de las características como nos muestra la Tabla 1.

**Tabla 1.** Sensores para la medición de nivel de agua

Sensor	Características	Ventajas	Desventajas
<b>Sensor de agua capacitivo</b>	Mide el nivel según los cambios de capacitancia eléctrica.	• Esquiva los efectos de espuma y turbulencia.	• Necesita constante mantenimiento.
<b>Sensor ultrasónico</b>	Utiliza ondas ultrasónicas para calcular la distancia hasta la superficie del agua.	• Es preciso y no invasivo.	• Vulnerable a condiciones de humedad y temperatura ambiental.
<b>Sensor de presión</b>	Calcula la presión ejercida por el agua encima del sensor.	• Apto para monitoreo continuo.	• Requiere calibración y configuración adecuada, llegando a no ser preciso.
<b>Sensor de flotador</b>	Utiliza un flotador que sube y baja con el nivel del agua, activando un interruptor.	• Bajo costo y alta simplicidad.	• Solo detecta niveles puntuales, no mide continuamente.

Debido al envío constante de señales, los sensores de nivel pueden realizar un seguimiento preciso y medir la profundidad del agua (Pomer, 2023). Debido a su precisión y bajo mantenimiento, cada sensor se considera una excelente opción para monitorear los niveles de agua dependiendo el contexto y entorno a monitorear.

### 2.2.9 Sensores de boya

Una boya de nivel, que también se llama flotador de nivel o sensor de nivel de flotador, es un aparato que se usa para ver y controlar cuánta cantidad de líquido hay en un tanque, depósito, pozo u otro contenedor. Su forma de funcionar se basa en que un objeto (la boya) flota en el líquido. Cuando el líquido sube o baja, la boya se mueve hacia arriba o hacia abajo. Esto activa un sistema que muestra o controla el nivel del líquido (Circuito Electrico, 2025).



**Figura 3.** Sensor de flotador o boya  
**Fuente:** (Circuito Electrico, 2025)

#### 2.2.10 Sensor ultrasónico HC-SR04

Este sensor usa ultrasonidos, que son señales audibles que el oído humano no puede detectar. Este tipo de sensores utiliza un mecanismo de eco basado en envío y rebote para medir la distancia de un objeto. Estos están hechos de un transductor que envía pulsos de energía. Cuando estos pulsos chocan con un objeto, el sensor capta el eco que se produce y lo transmite a un receptor (Intesc, 2021).



**Figura 4:** Sensor ultrasónico HC-SR04  
**Fuente:** (Intesc, 2021)

#### 2.2.11 Arduino Yun y Arduino Uno wifi Rev2

Gracias a la gran necesidad de generar comunicación inalámbrica y la comodidad que nos brinda, el creador de estas placas presenta modelos con wifi integrado como el Arduino Uno Wifi Rev2 o Arduino Yun, como se muestra en la Figura 4. Esta placa está diseñada para el campo IoT e incluye un módulo wifi con puerto Ethernet USB-A y 20 pines de entrada y salida, de los cuales 12 se usan como entradas analógicas (ARDUINO.CC, s.f.).

Aunque la placa Arduino Yun es una buena placa de desarrollo, tiene algunos problemas cuando se usa. Uno de los problemas es que la placa no detecta las redes

de su área local durante el proceso de configuración de red. Podemos identificar tres problemas principales con la placa.

- Configuración de red
- Interrupciones en migrar los proyectos a otras placas
- Depuración de los problemas de conexión

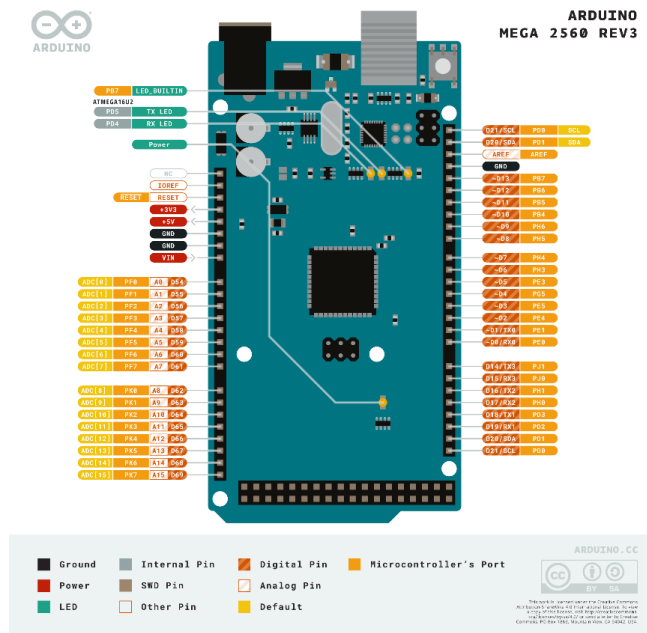


**Figura 5:** Arduino Yun  
**Fuente:** (ARDUINO.CC, s.f.)

### 2.2.12 Arduino Mega

El Arduino Mega es una placa de desarrollo orientada a proyectos de un nivel de complejidad medio que se puede alimentar mediante una fuente de alimentación aislada o mediante una conexión USB. Cuenta con 54 pines digitales de entrada y salida, de los cuales 15 pueden generar salidas PWM, como se muestra en la Figura 5.

La placa se generó con la capacidad de ser de código abierto, lo que la convierte en accesible para una gran comunidad de desarrolladores.



**Figura 6.** Arduino Mega 2560  
**Fuente:** (Arduino Mega 2560 rev3, s.f.)

### 2.2.13 ESP32-WROOM

Como se muestra en la Figura 6, el esp32 es un módulo o placa de desarrollo que se enfoca en IoT y aplicaciones de red. La placa tiene características especiales, como un procesador de 32 bits con una velocidad tope de 260 MHz, 36 pines GPIO, de los cuales 16 podemos usar como salida PWM y los 18 restantes como entradas analógicas. También tiene convertidores de 12 bits y un punto clave que permite una resolución más alta (ESPRESSIF, s.f.).

Dentro de las principales características que posee nuestra placa ESP32 están:

- Wifi y Bluetooth integrados
- Bajo consumo de energía
- Doble núcleo de procesamiento
- Potencia y versatilidad



**Figura 7:** ESP32-WROOM  
**Fuente:** (ESPRESSIF, s.f.)

#### 2.2.14 Lenguajes de programación

La evolución continua de las tecnologías de la información y las comunicaciones ha llevado a la creación de nuevos lenguajes de programación. Al elegir un lenguaje de programación para un proyecto, es crucial determinar cuáles se utilizan más a menudo. Hay una variedad de indicadores que pueden ayudar con la respuesta a esta pregunta. Uno de los indicadores más conocidos es TIOBE (Los lenguajes de programación más utilizados en el mundo actualizados).

Un buen lenguaje de programación debe cumplir con ciertos requisitos, de los cuales cinco son esenciales para elegir un buen lenguaje de programación.

- Simplicidad
- Versatilidad
- Eficiencia
- Portabilidad
- Seguridad

Estas características son de suma importancia en la elección de un buen lenguaje de programación, en la Tabla 3 se presenta el top 10 de los mejores lenguajes hasta marzo del 2024.

**Tabla 2.** Top 10 de los mejores lenguajes de programación según el índice TIOBE

Mar 2024	Mar 2023	Change	Programming Language	Ratings	Change
1	1		 Python	15.63%	+0.80%
2	2		 C	11.17%	-3.56%
3	4	▲	 C++	10.70%	-2.59%
4	3	▼	 Java	8.95%	-4.61%
5	5		 C#	7.54%	+0.37%
6	7	▲	 JavaScript	3.38%	+1.21%
7	8	▲	 SQL	1.92%	-0.04%
8	10	▲	 Go	1.56%	+0.32%
9	14	▲▲	 Scratch	1.46%	+0.45%
10	6	▼▼	 Visual Basic	1.42%	-3.33%

### 2.2.15 Bases de datos

Una base de datos es una colección de información bien organizada y estructurada que generalmente se almacena electrónicamente en un sistema informático. Un sistema de bases de datos (DBMS) generalmente lo gestiona. El término "sistema de base de datos" se utiliza para describir los sistemas DBMS y las aplicaciones asociadas. Se utiliza actualmente como una estructura de filas y columnas en una matriz de tablas. para que pueda acceder fácilmente, administrar, cambiar, actualizar y organizar sus datos (Oracle, s.f.).

Dentro de las bases de datos tenemos dos ramas principales, bases de datos relacionales y no relacionales como nos muestra la Tabla 4.

Aspecto	Bases de datos relacionales	Bases de datos NoSQL
Modelo de Datos	Utilizan un modelo de datos estructurado en tablas, con filas y columnas.	Utilizan modelos de datos flexibles como documentos, columnas o grafos.
Esquema	Tienen un esquema fijo y predefinido.	Tienen un esquema dinámico y adaptable.
Escalabilidad	Escalabilidad vertical, limitada por la capacidad de un único servidor.	Escalabilidad horizontal, pueden distribuirse en múltiples servidores.
Flexibilidad	Menos flexible en términos de cambios en el esquema.	Más flexible, permiten cambios en la estructura de los datos sin interrupciones significativas.
Transacciones ACID	Atomicidad, Consistencia, Aislamiento, Durabilidad).	Ofrecer transacciones ACID dependiendo de la implementación específica.

**Tabla 3.** Comparativa Bases de datos relacionales y NoSQL

### 2.2.16 MySQL

MySQL es un RDBMS desarrollado por Oracle. Es uno de los sistemas de bases de datos más utilizados en el mundo por su robustez, eficiencia y facilidad de uso. MySQL es de código abierto, lo que permite a los desarrolladores y empresas utilizarlo y modificarlo de forma gratuita (Londoño, 2023).

Beneficios:

- **Compatibilidad:** MySQL funciona con varias plataformas y lenguajes de programación, lo que facilita su integración en varios entornos de Internet de las cosas.
- **Alta disponibilidad:** incluye capacidades como la replicación y la agrupación de clústeres para garantizar una alta disponibilidad de datos, lo cual es esencial para los sistemas de IoT que requieren disponibilidad continua.
- **Comunidad activa:** una gran comunidad de usuarios y desarrolladores de MySQL ofrece soporte continuo y una gran cantidad de recursos y documentación útiles para solucionar problemas y mejorar el sistema.
- **Bajos costos:** el código abierto tiene bajos costos de implementación y mantenimiento, lo que es ideal para nuevas empresas y proyectos de IoT con presupuestos limitados.

### 2.2.17 Dashboard

Un tablero, también conocido como tablero, es una herramienta visual que permite la visualización y seguimiento de datos importantes de una organización o proyecto.

Los paneles facilitan la interpretación y el análisis de datos para la toma de decisiones al reunir información de múltiples fuentes en una única interfaz (Amerimetrics, 2023).

Algunas de las características que conforman a un dashboard son:

**Interactividad:** para obtener información específica, los usuarios pueden interactuar con los datos, aplicar filtros y examinar diferentes niveles de detalle.

**Visualización de datos:** para presentar datos de forma precisa y clara, utilice tablas, gráficos y otros elementos visuales.

**Personalizado:** los paneles solo pueden mostrar información relevante, según las necesidades específicas del usuario u organización.

**Tiempo real:** Proporciona datos actualizados en tiempo real o con la menor latencia posible, permitiendo una respuesta rápida a tendencias y cambios.

**Integración de datos:** la capacidad de combinar datos de múltiples fuentes, lo que permite una comprensión integral de la información.

#### 2.2.18 Grafana

Grafana es una plataforma de código abierto y dinámica desarrollada en lenguaje Go, utilizada para monitorear infraestructura y aplicaciones de TI. Con licencia para Apache 2.0 y propiedad de Grafana Labs, permite una comprensión y almacenamiento fácil y sencillo de las métricas de rendimiento.

Los informes y gráficos en tiempo real facilitan la interpretación de los datos. Más de un millón de empresas en todo el mundo utilizan esta solución de código abierto, incluidos gigantes como Salesforce, Verizon, eBay, PayPal y Sony. Los datos recopilados son información valiosa que permite un mantenimiento predictivo y una toma de decisiones más rápida e inteligente (Factoria , 2024).

Esta herramienta tiene características esenciales como:

- **Gratuito:** es gratuito para cualquier persona, aunque hay una versión que se paga.
- **Flexibilidad:** es adaptable a cualquier tipo de infraestructura y permite monitorizar todos los datos pertinentes desde un mismo lugar. El trabajo del usuario se simplifica aún más al permitir la agrupación de varios paneles en un mismo dashboard.

- Escalable: funciona bien en ambientes grandes y brinda capacidades para administrar múltiples instancias y distribuir la carga.
- Seguro: brinda funciones de seguridad sólidas, como la autenticación de usuarios y el control de acceso a paneles y dashboard.
- Visualización de datos: proporciona un método muy visual para representar todos los datos pertinentes. Se puede configurar una forma de visualización de datos muy adaptada a nuestras necesidades gracias a los widgets.
- Compatibilidad: Permite la conexión con una variedad de fuentes de datos, incluidas bases de datos SQL, servicios en la nube, sistemas de monitoreo como Prometheus y otras.

### 2.2.19 Metodologías Ágiles

Un método conocido como Agile se caracteriza por una conducta continua. Todas las etapas del proceso se completan durante cada entrega, incluidos los requisitos de las reuniones, el diseño, la verificación de productos y la entrega. La diferencia fundamental entre las metodologías ágiles y los modelos tradicionales en cascada es que, en los enfoques ágiles, se proporciona valor y se recibe retroalimentación de forma constante. En lugar de utilizar un producto final que esté definido desde el inicio, estas metodologías promueven el desarrollo de software que va mejorando gradualmente (Loayan, 2025).

Sistema visual kaban para gestionar tareas mediante un tablero dividido en columnas.

- Permite flujo continuo de trabajo y limita las tareas en proceso (WIP).
- Se adapta fácilmente a cambios sin necesidad de iteraciones fijas.  
Metodología ágil scrum basada en ciclos cortos llamados sprints.
- Define roles (Scrum Máster, Product Owner, equipo) y eventos regulares.
- Fomenta la entrega incremental y mejora continua del producto.  
XP (Extreme Programming)
- Promueve prácticas técnicas como programación en pareja y TDD.
- Busca alta calidad en el código y retroalimentación constante del cliente.
- Se centra en adaptabilidad, simplicidad y comunicación efectiva.

# PROGRAMACIÓN EXTREMA (XP)

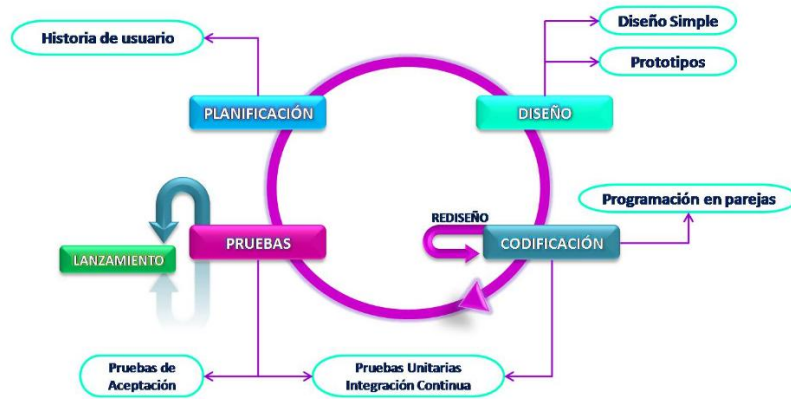


Figura 8. Fases de la metodología XP  
Fuente: (Muradas, 2020)

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO**

##### 3.1.1. Enfoque

##### 3.1.1.1 Enfoque Mixto

Los análisis cualitativo y cuantitativo describen características, y los instrumentos de investigación que se utilizarán para cuantificar los datos dentro de nuestra investigación.

Se utilizo el enfoque cualitativo ya que se recolecto información a través del reconocimiento de la problemática real en el entorno específico, con el apoyo de la Dirección de Agua Potable y Alcantarillado del GAD Montúfar. Además, se emplea el uso de entrevistas y observación como herramientas de investigación para identificar los puntos clave al realizar esta investigación proponiendo una actualización del sistema de monitoreo de los tanques de agua.

El enfoque cuantitativo se ha direccionado hacia la medición numérica de los niveles de los tanques de agua y características técnicas (caudal, puntos críticos del tanque), necesarias para encarar la investigación.

##### 3.1.2. Tipo de Investigación

##### 3.1.2.1 Investigación Documental

Se utiliza esta investigación principalmente por las fuentes de información escrita o información recopilada y almacenada en diversas formas, es decir. documentos de toda clase: libros, publicaciones periódicas, material grabado por cualquier medio (sonido, imágenes, datos), documentos históricos, información estadística; todos ellos son recopilados por otras personas o instituciones, donde la tarea del investigador es buscar, organizar, sistematizar y analizar para un fin específico (Muñoz C. , 2015).

### 3.1.2.2 Investigación de Campo

Recopila información sobre el fenómeno o hecho bajo investigación desde el campo de ocurrencia del fenómeno o hecho, donde se utilizan varias técnicas o herramientas de recolección de datos, como observación, preparación de encuestas, selección de muestras, técnicas de entrevista e investigación y diseño experimental (Muñoz C. , 2015).

Se uso esta investigación ya que en es de suma importancia ver la problemática de manera directa y donde está de desarrolla, así permitiendo entender y ver como el monitoreo de los tanques de reserva se estaba ejecutando.

### 3.2. IDEA A DEFENDER

Un sistema basado en Internet de las cosas permitirá llevar el monitoreo del nivel de agua tratada en los tanques de reserva del GAD Montúfar generando buena gestión del recurso hídrico.

### 3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

#### 3.3.1. Definición de variables

Variable independiente - Internet de las cosas (IoT)

Es un conjunto de dispositivos físicos interconectados que recogen y entregan información a través de una red, pueden ser desde electrodomésticos hasta sensores industriales, y tienen una red donde los dispositivos se comuniquen entre si generan la obtención y envían información que después se usa para tomar decisiones.

Variable dependiente – Monitoreo de tanques de agua tratada

Se refiere a la acción de supervisar y gestionar aspectos relacionados con el almacenamiento y supervisión de los niveles agua dentro de tanques de almacenamiento, el monitoreo nos permite dar seguimiento y registrar el estado del tanque, otorgando información inmediata sobre cambios en el nivel de agua.

#### 3.3.2. Operacionalización de variables

**Tabla 4.** Variable independiente: internet de las cosas (IoT)

DEFINICION	DIMENSION	INDICADORES	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Internet de las cosas (IoT): Es el proceso que permite la interacción de elementos electrónicos físicos con la	Software	<ul style="list-style-type: none"><li>• Funcionalidad</li><li>• Eficiencia</li><li>• Usabilidad</li></ul>	Entrevista	Guía de entrevista

finalidad de receptor y enviar datos a través de Internet.			Confiabilidad Portabilidad	
Red de sensores: grupo de dispositivos que recopilan de manera autónoma información del entorno físico para posteriormente permitir el manejo de dichos sensores, este tipo de entornos caracterizados por su fácil instalación y flexibilidad de desarrollo.	Sensores	• Nivel de agua	Supervisión Regulada	Equipo Informático y supervisión.
		• Volumen de agua	Supervisión Regulada	Equipo Informático y supervisión.
		• Caudal	Supervisión Regulada	Equipo Informático y supervisión.
	Actuadores	• Acción de válvula	Supervisión Regulada	Equipo Informático y supervisión.

**Tabla 5.** Variable Dependiente: Monitoreo de tanques de agua tratada

DEFINICION	DIMENSION	INDICADORES	TÉCNICA	INSTRUMENTO
<b>Optimizar:</b> Es una de las maneras para determinar mejores respuestas aplicando un conjunto de métodos y actividades.	Llenado de agua	Tiempo de llenado del tanque. Porcentaje de llenado obtenido. Puntos óptimos críticos.	Supervisión regulada	Almacenamiento de información
<b>Suministro de agua:</b> es el proceso por el cual se proporciona agua a hogares, industrias y comercios a través de una red de suministro de agua	Suministro optimo	Niveles de agua óptimos Control de desperdicios.	Supervisión regulada	Almacenamiento de información.

### 3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

En el presente trabajo se optó por el uso de métodos de investigación que favorecen a la recolección de datos a través de la observación directa, el análisis e investigación en relación del monitoreo de tanques de reserva de agua del GAD Montúfar.

#### 3.4.1 Método analítico

En este estudio se utilizó el método analítico para conocer las acciones que construyen el proceso de monitoreo de los tanques de agua, con el direccionamiento de observar, analizar, describir las operaciones físicas y técnicas del monitoreo de los tanques.

#### 3.4.2 Método deductivo

El método deductivo parte de leyes, principios o teorías generales para llegar a conclusiones específicas sobre fenómenos particulares. Este enfoque es característico de la investigación cuantitativa, ya que permite formular hipótesis a

partir del conocimiento teórico existente y luego someterlas a prueba mediante la observación y el análisis de datos. Así, se busca comprobar o refutar lo que las teorías anticipan respecto a situaciones concretas (Hernández Sampieri & Fernández Collado, 2014)

### 3.4.3 Método inductivo

El método inductivo se centra en observar hechos específicos para crear generalizaciones o teorías. Se utiliza en enfoques cualitativos, ya que no intenta probar hipótesis ya existentes, sino que busca generar conocimiento basado en la experiencia o el entorno.

## 3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Esta investigación se realizó en la Dirección de Agua Potable y Alcantarillado del GAD Montúfar, los datos se recolectaron a través de entrevistas y fichas técnicas dirigidas al director y personal encargado del monitoreo de dicha dirección.

### 3.5.1 Población y Muestras

Por la naturaleza de la investigación no es necesario un estudio de grupo focal, por lo que se aplican entrevistas y fichas técnicas al responsable del monitoreo de tanques de agua y al director del agua potable y alcantarillado, debido a que son los responsables del manejo del sistema de monitoreo debido a su estructura organizacional.

Dichas entrevistas y fichas de caracterización se encuentran en las Figuras 8, 9 y 10. Las entrevistas fueron enfocadas de manera que se evidencie la problemática presente y como el sistema de monitoreo de tanques de agua permite automatizar dicho proceso.

### 3.5.2 Instrumentos de investigación

Dentro de toda investigación es necesario ejecutar una estrategia de obtención de información para que posterior a dicho proceso la investigación se vea encaminada a la obtención de resultados exitosos (Hernandez & Danae, 2020).

#### 3.5.2.1 Entrevistas estructuradas

A través de estos métodos de recolección de datos, realizamos preguntas abiertas al personal encargado del monitoreo y al director del agua y alcantarillado del municipio con el objetivo de recolectar información de manera oportuna y sistemática para comprender todos los procesos que actualmente se llevan a cabo

en la institución. Inspección y monitoreo de los tanques de reserva es el área especial de este estudio.

### 3.5.2.2 Fichas de caracterización

Las fichas de caracterización se utilizan para documentar procesos de manera simplificada y práctica, así como para generar información fácil de comprender en función de los procesos evidenciando entradas y salidas (Castillo & Carreño, 2020).

Estas fichas se utilizan en este estudio para determinar el estado en el que se encuentra la entidad en cuanto a la ejecución de los procesos y para realizar un análisis de las actividades de monitoreo.

LOGO DE LA EMPRESA	NOMBRE DEL PROCESO Ejem: Caracterización del proceso de recolección			VERSIÓN:
				CÓDIGO:
				PÁGINA:
OBJETIVO:	Cuál es el propósito del proceso			
ALCANCE:	Hasta donde llega el proceso			
PROVEEDORES	ENTRADAS	PROCESO	SALIDA	BENEFICIARIOS
Quien proporciona las entradas del proceso.	Cuáles son las entradas del proceso.	Etapas del proceso.	Cuáles son las salidas del proceso.	Quien es el cliente o receptor del proceso.
RECURSOS		REQUISITOS LEGALES		
Recursos utilizados para realizar el proceso o procedimiento.		Normas o políticas necesarias para realizar el proceso		
INDICADORES:	Son necesarios para saber como esta el proceso actualmente.			
ELABORO:	APROBÓ:	REVISO:		
Quien realiza las fichas de caracterización.	Quien da el visto bueno de la ficha de caracterización.	Quien da la última revisión a la información, la mayoría de las veces.		

**Figura 9.** Ficha de caracterización

**Fuente:** (Castillo & Carreño, 2020)

**Tabla 6.** Recopilación de Información

Preguntas Base	Explicación
¿Para qué?	Observar las variables con mayor influencia en el proceso de monitoreo de tanques de agua.
¿De qué personas u objeto?	Dirección de Agua Potable y Alcantarillado, área de monitoreo de tanques de reserva.
¿Sobre qué aspectos?	Sistema de monitoreo de tanques de agua.
¿Quien?	Investigador: Stiven David Bustos Villarreal
¿Cuántas veces?	Las veces que se consideren necesarias
¿Qué técnicas de recolección?	Entrevista
¿Con que?	Observación de campo, fichas de caracterización del proceso de monitoreo
¿En qué fase?	En el proceso de monitoreo

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. RESULTADOS

Se aplicó una entrevista al director de agua potable y alcantarillado con el propósito de conocer cómo se ejecuta el monitoreo, recolección de datos y el estado de situación inicial.

#### 4.1.1. Resultados de la entrevista

##### **¿Qué sistema o tecnología utilizan actualmente para el monitoreo de tanques de agua?**

En este momento la forma de llevar a cabo el monitoreo de los tanques es mediante revisiones periódicas que se realizan visitando cada uno de los tanques.

##### **¿Cómo es la estructura de los tanques de reserva y que dimensiones presentan?**

Dentro de la estructura de los tanques de reserva tenemos dos sistemas pertenecientes a dos sectores, uno el de Chamizo el cual es alimentado por la quebrada del Oso mediante dos estructuras de hormigón armado de forma cilíndrica con una capacidad de 1000m<sup>3</sup> ambos tanques, en el sector de Tangüis se tiene una estructura rectangular de hormigón armado con una capacidad de 850m<sup>3</sup> el cual se alimenta por una vertiente natural.

##### **¿Cómo es el flujo del agua dentro de los tanques?**

Los tanques de reserva ayudan a suministrar el agua durante las horas de mayor consumo, por lo que la dinámica que presenta el agua dentro de los tanques es de flujo continuo, abasteciendo el consumo de agua durante las 24 horas del día.

##### **¿Cuáles son los principales desafíos que presenta el monitoreo de los tanques de agua?**

Dentro de los principales desafíos tenemos atender la demanda del consumo de agua dentro de la población, esto se complica cuando no sabemos qué cantidad de agua tenemos dentro de los tanques y si estos se encuentran vacíos nos llegamos a enterar por quejas dadas por parte de la ciudadanía, cuando este problema debería ser tratado antes de generar incomodidad en la población.

##### **¿Qué riesgos se pueden dar con la falta de monitoreo en los tanques de reserva?**

El riesgo principal es el desperdicio del agua y a consecuencia de esto se genera desabastecimiento en la población, el agua al pasar por un proceso que garantiza la calidad de consumo tiene inversión económica por lo que si se presenta desperdicio de este recurso se presentan pérdidas económicas para la Dirección de Agua.

**¿Por qué es importante conocer los niveles de agua dentro de los tanques de reserva?**

La importancia de conocer los niveles de agua dentro de los tanques de reserva es poder ver el comportamiento de la red de agua y como la gente está consumiendo este recurso, además nos ayuda en determinar cuáles son las horas pico del consumo de agua, incluso puede llegar a definir un posible daño de gran magnitud dentro de la red.

**¿Conoce el caudal de agua que ingresa a los tanques de reserva?**

Dentro del sistema de Chamizo se capta el agua de la quebrada del Oso con un caudal de 44 l/s el agua es conducida por una tubería PVC y acero de 315 a 250 mm, en el sistema de Tangüis se tiene un caudal de 13 l/s de agua subterránea mediante una tubería de PVC de 160 mm a 90 mm.

**¿Considera que el monitoreo presencial de los tanques ha llegado a afectar el suministro del agua?**

Si, este método de llevar el monitoreo de los tanques de agua de manera directa y presencial ha llevado a cortes inesperados del servicio de agua potable, ya que en los tiempos en que la persona encargada del monitoreo no realiza estos controles se han generado daños sin tener información de dicho suceso.


**¿Cree que es importante tener un sistema informático para el monitoreo de tanques de agua? ¿Por qué?**

Si, es de suma importancia ya que un sistema de monitoreo nos permitirá tener la información esencial del comportamiento del agua dentro de los tanques, para así poder garantizar un adecuado suministro de este líquido hacia la población.


**¿Qué aspectos del monitoreo de los tanques de agua cree que podrían verse beneficiados con el uso de un sistema informático?**

Dentro de los aspectos a destacar es el tiempo y disponibilidad de la información, ya que para llevar el monitoreo presencial se requiere de tiempo para trasladarse a la ubicación en la que se encuentran los tanques y así poder recolectar la información.


4.1.2. Resultados de la ficha de caracterización

	<b>NOMBRE DEL PROCESO</b> <b>PROCESO OBSERVACIÓN</b>				<b>VERSIÓN:</b>
					<b>CÓDIGO:</b>
					<b>PAGINA: 1</b>
<b>OBJETIVO:</b>	Obtener información vital para la caracterización del proceso de observación del comportamiento del agua.				
<b>ALCANCE:</b>	Determinar las tareas de los subprocesos.				
<b>PROVEEDORES</b>	<b>ENTRADAS</b>	<b>PROCESO</b>	<b>SALIDA</b>	<b>BENEFICIARIOS</b>	
Dirección de agua potable y alcantarillado que requiere el sistema	Administración de la información presentada en los tanques de reserva	Hacer uso de sensores ultrasónicos determinando los patrones de movimiento del agua	Emisión de reporte de los movimientos del agua.	Directos: Monitoreador de tanques de reserva	
<b>RECURSOS</b>			<b>REQUISITOS LEGALES</b>		
Técnica / Entrevista			NORMA ISO 9001: 2015		
<b>INDICADORES:</b>	<p>El encargado debe acudir de manera directa y presencial al sitio de evaluación.</p> <p>La medición se realiza con una vara métrica.</p> <p>La información se guarda en registros físicos.</p> <p>No se presenta una adecuada optimización de tiempos tanto en observación como en registro de los parámetros del agua.</p>				
<b>ELABORÓ:</b> Estudiante. Stiven Bustos	<b>APROBÓ:</b> Docente. Msc. Jeffery Naranjo		<b>REVISÓ:</b> Docente. Msc. Milton del Hierro		

**Figura 10.** Ficha de caracterización del proceso de observación

	<b>NOMBRE DEL PROCESO</b> <b>PROCESO RECOLECCION DE INFORMACION</b>			<b>VERSIÓN:</b>
				<b>CÓDIGO:</b>
				<b>PAGINA: 2</b>
<b>OBJETIVO:</b>	Obtener información vital para la caracterización del proceso de recolección de información.			
<b>ALCANCE:</b>	Determinar las tareas de los subprocesos.			
<b>PROVEEDORES</b>	<b>ENTRADAS</b>	<b>PROCESO</b>	<b>SALIDA</b>	<b>BENEFICIARIOS</b>
Dirección de agua potable y alcantarillado que requiere el sistema	Sensor ultrasónico envía la señal de eco u onda de emisión	El sensor envía la señal de eco hacia una superficie, en este caso la distancia desde el sensor hacia el nivel de agua	Base de datos MySQL en donde se encuentran los datos recolectados	Directos: Monitoreador de tanques de reserva  Indirectos: Director del Agua
<b>RECURSOS</b>		<b>REQUISITOS LEGALES</b>		
Técnica / Entrevista		NORMA ISO 9001: 2015		
<b>INDICADORES:</b>	La información se registra de manera física. Posibles pérdidas de datos Los datos no se encuentran organizados adecuadamente. No hay una adecuada optimización de tiempos. Problemas al llevar un reporte. Búsqueda exhaustiva de datos específicos.			
<b>ELABORÓ:</b> Estudiante. Stiven Bustos	<b>APROBÓ:</b> Docente. Msc. Jeffery Naranjo	<b>REVISÓ:</b> Docente. Msc. Milton del Hierro		

**Figura 11.** Ficha de caracterización del proceso de recolección de información

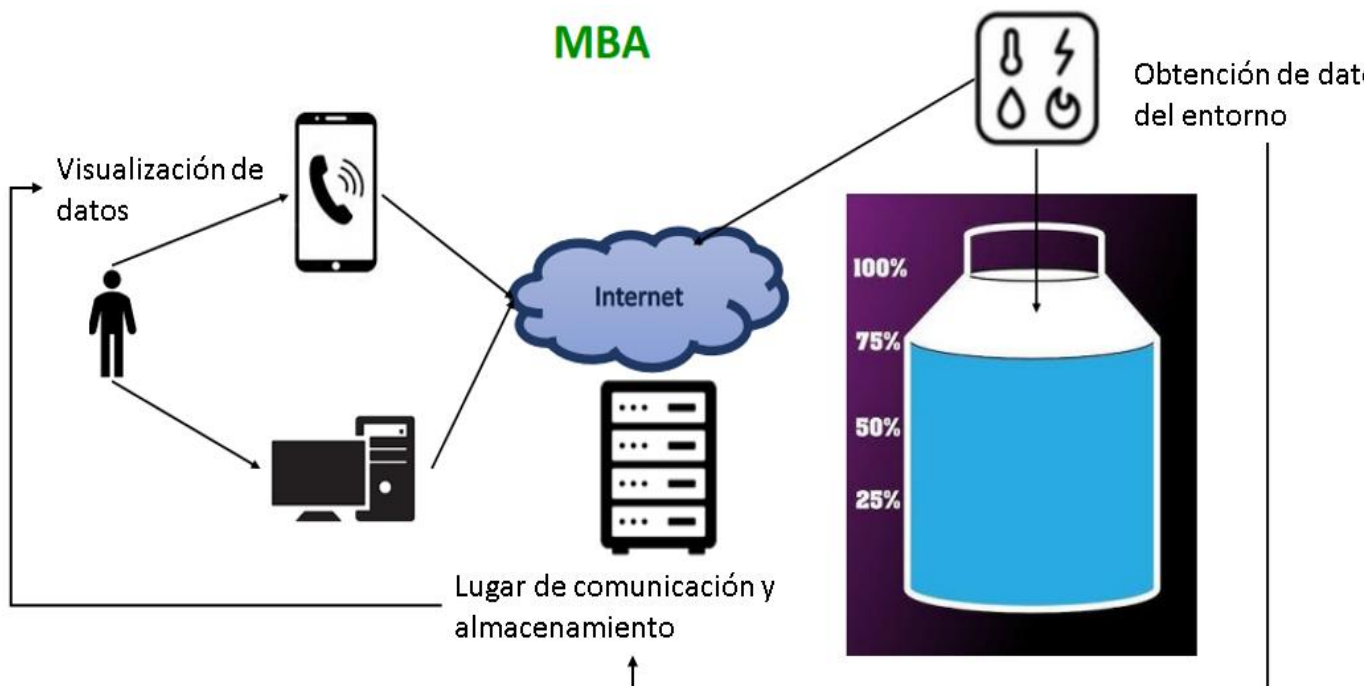
	<b>NOMBRE DEL PROCESO</b> <b>PROCESO VISUALIZACIÓN DE LOS DATOS</b>		<b>VERSIÓN:</b>	
			<b>CÓDIGO:</b>	
			<b>PAGINA: 3</b>	
<b>OBJETIVO:</b>	Obtener información vital para la caracterización del proceso de análisis y visualización de los datos			
<b>ALCANCE:</b>	Determinar las tareas de los subprocesos.			
<b>PROVEEDORES</b>	<b>ENTRADAS</b>	<b>PROCESO</b>	<b>SALIDA</b>	<b>BENEFICIARIOS</b>
Dirección de agua potable y alcantarillado que requiere el sistema	Grafana hace la petición de acceso a la base de datos MySQL	Se establece la conexión de entrada a la base de datos en donde mediante querys, se grafican los valores de las tablas que se consideren necesarias.	Salida de histogramas y gráficos de los datos obtenidos por el sensor. La visualización se encuentra en tiempo real.	Directos: Monitoreador de tanques de reserva  Dirección de agua
<b>RECURSOS</b>		<b>REQUISITOS LEGALES</b>		
Técnica / Entrevista		NORMA ISO 9001: 2015		
<b>INDICADORES:</b>	La información se guarda de manera física Inadecuada automatización del proceso de análisis de datos y visualización de los mismos. No hay adecuada optimización del tiempo. Falta de un monitoreo en tiempo real.			
<b>ELABORÓ:</b> Estudiante. Stiven Bustos	<b>APROBÓ:</b> Docente. Msc. Jeffery Naranjo		<b>REVISÓ:</b> Docente. Msc. Milton del Hierro	

**Figura 12.** Ficha de caracterización del proceso visualización de datos

## 4.2. PROPUESTA

La propuesta nace a partir del estudio de los resultados de la investigación y del acercamiento inicial con el director del Agua potable y alcantarillado del GAD Montúfar, el cual planteo que se desarrolle una herramienta informática esencial para el monitoreo de tanques de agua, permitiendo conocer los niveles de agua y como estos varían durante el día, por otro lado los resultados obtenidos de la entrevista dictaminan que es necesario tener una herramienta de monitoreo de tanques de agua, por lo que se tomó en cuenta dicho factor en base a ese requerimiento. En primera instancia se desarrolló un estudio de factibilidad que permite definir que el desarrollo del sistema es viable gracias a que la Dirección de agua y alcantarillado posee los recursos necesarios, como segundo punto se optó por hacer uso de la metodología XP (Programación Extrema) que otorga los lineamientos de una planificación ordenada con base en los requerimientos de los beneficiados, de esta manera se llevó a cabo todas las fases correspondientes a la metodología XP hasta llegar a finalizar con las pruebas que dan como resultado que los beneficiados se encuentran satisfechos con dicha herramienta.

A continuación, se presenta un modelo basado en agentes (MBA) donde podremos ver la estructura del sistema.



**Figura 13.** Modelo basado en agentes del sistema IoT

Para esta investigación se seleccionó la base de datos MySQL ya que es una base de datos de licencia gratuita además destaca en alta escalabilidad y procesamiento de consultas, MySQL presenta gran compatibilidad para entornos IoT y su compatibilidad multiplataforma ideal para esta investigación como se presenta en la tabla 7.

**Tabla 7.** Base de Datos

Base de Datos	Licencia	Ventajas principales	Ideal para
<b>MySQL</b>	Gratuita (GPL)	Fácil de usar, rápida, compatible con PHP y IoT, gran comunidad	Web, IoT, proyectos pequeños a medianos
<b>PostgreSQL</b>	Gratuita	Potente, robusta, excelente en datos complejos	Big Data, aplicaciones avanzadas
<b>SQL Server</b>	Propietaria	Interfaz amigable, integración con productos Microsoft	Empresas con entorno Windows
<b>Oracle</b>	Propietaria	Muy robusta, alta escalabilidad	Grandes empresas, bancos

Para poder establecer la visualización de los datos obtenidos se usó Grafana gracias a su enfoque de monitorización y su integración con MySQL presentando una curva de aprendizaje inicialmente intuitiva, grafana al ser una herramienta open source es de gran utilidad para esta investigación y con ello se convierte en un elemento importante e ideal para entornos y sistemas de integración IoT.

**Tabla 8.** Herramienta de visualización de datos

Aplicación	Licencia	Ventajas principales	Limitaciones	Ideal para
<b>Grafana</b>	Gratuita / Open Source	Integración con múltiples bases de datos, dashboards en tiempo real, alertas, personalización avanzada	Curva de aprendizaje inicial	IoT, monitoreo, datos en tiempo real
<b>Power BI</b>	Propietaria (Microsoft)	Fácil de usar, integración con Excel y Office, informes dinámicos	Requiere licencia paga para funciones avanzadas	Empresas, análisis financiero
<b>Tableau</b>	Propietaria	Visualizaciones potentes y hermosas, buena para grandes volúmenes	Costo elevado, requiere instalación	Analítica empresarial, big data

#### 4.2.1. Estudio de Factibilidad

##### 4.2.1.1. Factibilidad Organizacional

- **Aspectos generales de la organización.**

- **Institución:** GAD Montúfar

- **Ubicación Geográfica:** Calle Sucre 03-61 y Bolívar, Carchi - Ecuador

- **Área:** Dirección de Agua potable y alcantarillado

- **Sistema:** Internet de las cosas (IoT) para el monitoreo de tanques de agua tratada.

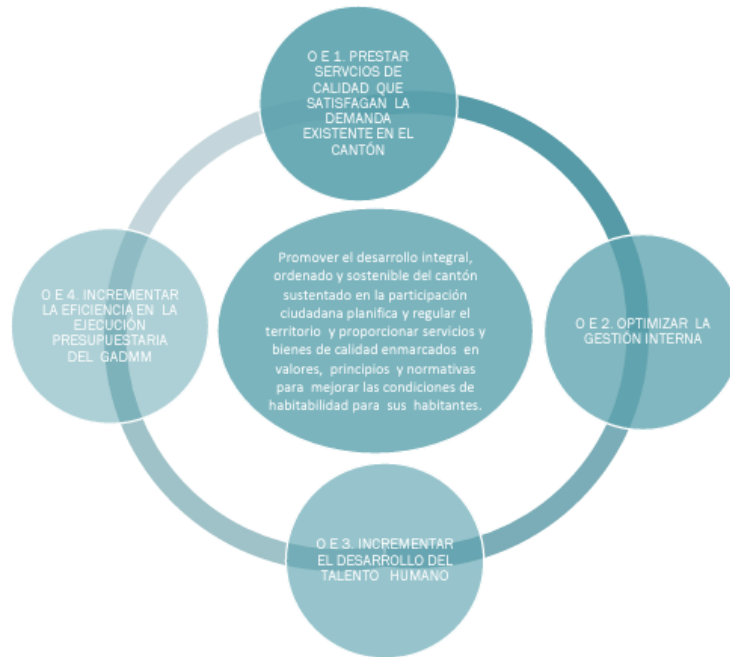
- **Misión**

El municipio de Montúfar es una entidad pública con autonomía política, administrativa y económica que promueve el desarrollo integrado, gestionado y sostenible del cantón en los ámbitos territorial, turístico, económico y ambiental. La participación y cogestión de actores públicos y privados sustenta los criterios de calidad, eficiencia y eficacia para satisfacer las necesidades básicas y promover el bienestar de la comunidad Montúfar.

- **Visión**

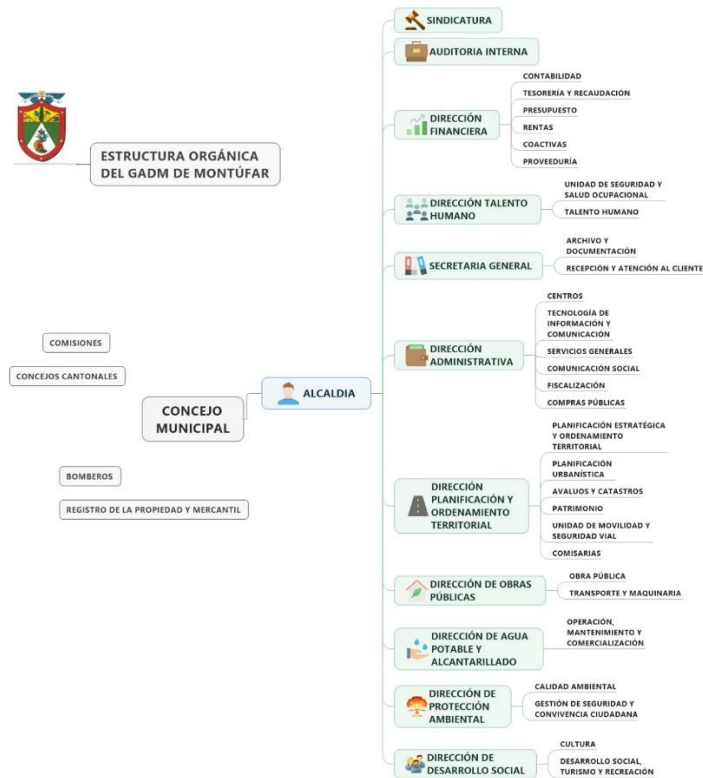
Ser un punto de referencia en la promoción de un desarrollo integral en el que la ciudadanía participe en la prestación de servicios de alta calidad, crear políticas nacionales para promover la igualdad y la sostenibilidad regional y ser un punto de referencia en la promoción de un desarrollo integral. A través de la capacitación y la motivación para elegir la estructura organizacional adecuada para la prestación oportuna del servicio, dirige las habilidades humanas al trabajo planificado y transparente.

## - Objetivos Estratégicos



**Figura 14:** Objetivos Estratégicos  
Fuente: (SUPAYSoft, s.f.)

## - Organigrama



**Figura 15:** Organigrama del GAD Montúfar  
Fuente: (SUPAYSoft, s.f.)

#### 4.2.1.2. Factibilidad Técnica

Para la elaboración del presente proyecto se creó una lista de recursos que serán necesarios para su desarrollo tanto en área de software como hardware.

El sistema de monitoreo se va a desarrollar con php, MySQL, Grafana y el entorno de IDE Arduino.

**Tabla 9.** Recursos Software

Tipo de recurso	Nombre del Recurso	Descripción	Cantidad
Software	php	Lenguaje de Programación	1
	MySQL	Sistema de administración de bases de datos	1
	Visual Studio Code	Entorno de desarrollo integrado	1
	Grafana	Herramienta para la visualización de datos	1
	Microsoft Office	Herramientas de ofimática	2
	XAMPP	Servidor Web	1

El investigador cuenta con los elementos esenciales para la construcción del proyecto, incluyendo el acceso a Internet lo que facilita la comunicación con sus colaboradores (clientes), la organización actualmente cuenta con una infraestructura de red adecuada, se determina que los recursos son aptos y existe viabilidad técnica.

**Tabla 10.** Recursos del Sistema

Tipo de recurso	Nombre del Recurso	Descripción	Cantidad
Hardware	Equipo de computación	Laptop Asus VivoBook 14/15 Disco duro 476 GB, Memoria RAM 16 GB, Procesador Ryzen 7 4000	1
	Impresora	Canon MP280	1
	ESP32	Placa <b>ESP-WROOM-32</b>	1
	Sensor ultrasónico	Sensor ultrasónico HC-SR04 YF-S201C	1
	Sensor de caudal	Selenoide 12V	2
	Electroválvulas		2
	router	Tp-link	1

#### 4.2.1.3. Factibilidad Económica

En la estimación económica se consideró los recursos de hardware, software, talento humano y material office. Cada uno de estos componentes se consideran vitales para lograr conformar el sistema IoT.

**Tabla 11.** Factibilidad Económica

Descripción	Cantidad	Costo Real	Costo referencial
<b>Costos de Hardware</b>			
Equipo de computación	1	00,00	950,00
Impresora	1	00,00	200,00
Esp32	1	15,00	15,00
Sensor Ultrasónico	1	3,50	3,50
Router	1	00,00	80,00
<b>Total, de hardware</b>		<b>18,50</b>	<b>1,248.5</b>
<b>Costos de software</b>			
		00,00	00,00
PHP		00,00	00,00
MySQL		00,00	00,00
Visual Studio Code		00,00	00,00
Grafana		00,00	00,00
<b>Total, de Software</b>		<b>\$ 00,00</b>	<b>\$ 00,00</b>
<b>Talento humano</b>			
Programadores	1	00,00	2000,00
<b>Total, de Talento humano</b>		<b>\$ 00,00</b>	<b>\$ 2000,00</b>
<b>Materiales de oficina</b>			
Internet		360	360
Útiles de oficina		100	100
Impresora	1	00,00	200
Varios		150	150
<b>Total, de materiales de oficina</b>		<b>\$ 610</b>	<b>\$ 810</b>
<b>Subtotal</b>		<b>\$ 628,50</b>	<b>\$ 4058.50</b>
10% de imprevistos		\$ 62,85	\$ 405,85
<b>Total</b>		<b>\$ 691,35</b>	<b>\$ 4464,35</b>

#### 4.2.1.4. Factibilidad Operativa

- Situación Actual

La Dirección de Agua Potable y Alcantarillado se enfrenta a serios desafíos en materia de monitoreo de los niveles del agua en los tanques de reserva del GAD Montúfar, lo cual conlleva un impacto negativo en base a la demanda de agua potable por parte de la ciudadanía en San Gabriel, esta situación puede llegar a diferentes causas como el desabastecimiento de agua, desperdicios de este líquido e incluso puede llegar a generar pérdidas económicas a la dirección.

- Situación Ideal

El sistema basado en internet de las cosas para el monitoreo de los tanques de agua donde podemos dar seguimiento del comportamiento del líquido vital es la herramienta donde podremos definir qué cantidad de agua se encuentra disponible dentro de los tanques de reserva para poder abastecer de este recurso vital a la población de San Gabriel, lo que permite como primer instancia llevar una buena gestión del suministro de agua dictaminado por el ARCA (Agencia de Regulación y

Control del Agua), además de garantizar el acceso al agua y evitar pérdidas de este líquido, de la mano de esto evitando pérdidas económicas para la municipalidad.

#### 4.2.2 Fase de planificación

Esta parte del proceso de planificación se comienza estableciendo los roles de los integrantes del proyecto en función de los modelos XP. Además, los equivalentes de tiempo utilizados en las herramientas metodológicas se describen aquí. A partir de esto, se crearon tareas que cada miembro del equipo debía completar con actividades y plazos. Finalmente se creó un plan de entrega en función del tiempo de desarrollo, lo que da un aproximado de 22 semanas para completar el sistema.

- **Roles.**

**Tabla 12.** Roles del proyecto

Nombre	Descripción	Rol XP
MSc. Milton del Hierro	Docente Tutor	Consultor
Stiven Bustos	Investigador	Programador
Ing. Lenin Guerra	Analista de Agua potable	Cliente

- **Estimación de tiempo**

**Tabla 13.** Estimación de tiempo

Estimación		Días	Horas
0.2 semanas	=	1	4
0.4 semanas	=	2	8
1 semana	=	5	20
1.6 semanas	=	8	32
1.6 semanas	=	8	40
2 semanas	=	10	48
2.4 semanas	=	12	52
2.6 semanas	=	13	60

3 semanas	=	15	80
-----------	---	----	----

- **Componentes de Sistema**

1. Ingreso de Usuarios
  - a. Logs de usuarios
  - b. Gestión de roles
2. Gráficos
  - a. Gráficos dinámicos de niveles
  - b. Gráfico tiempo
  - c. Gráfico caudal
  - d. Gráfico volumen
3. Backup
  - a. Descarga de datos obtenidos

- **Estimación de tareas de usuario**

**Tabla 14.** Tareas de usuarios

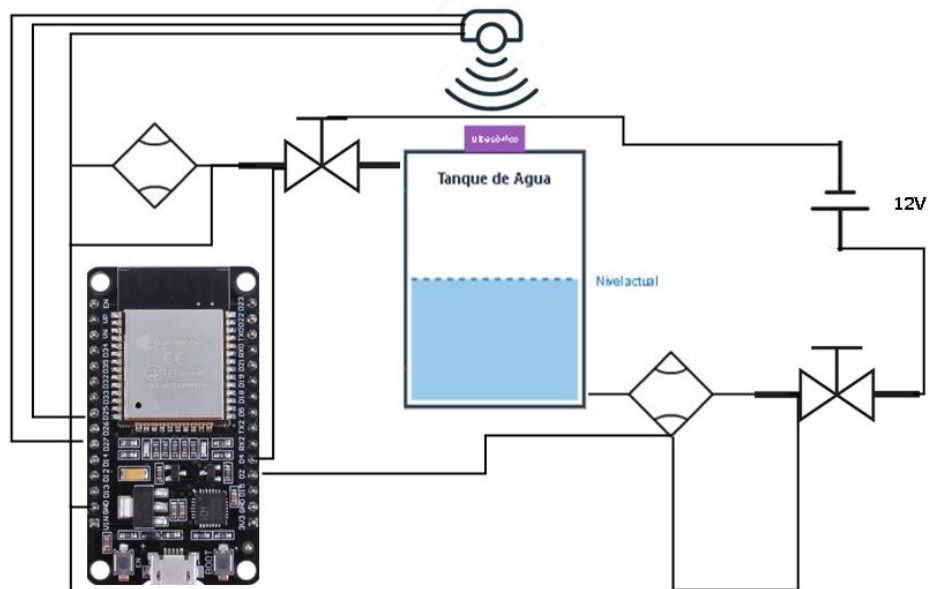
Nombre Historia	Nº Tarea	Tarea	Tiempo estimado		
			Semanas	Días	Horas
Acceso al sistema	1	Crear y migrar modelos de datos de usuarios. Diseñar login de acceso al sistema web.	0,4	2	8
	2	Validar credenciales de usuarios.	0,4	2	8
Ítems de navegación	3		0,4	2	8
	4	Diseñar botones de navegación dentro del área de visualización. Programar interacción de cada botón.	0,4	2	8
	5		1	5	20
Lista de estaciones	6	Programar la vista del listado de las estaciones de monitoreo Diseñar el template del listado de estaciones.	1	5	20
	7		1	5	20
Gestión de datos obtenidos	8	Diseñar base de datos para el almacenamiento de información. Establecer la conexión entre ESP-32 y la base de datos.	1	5	20
	9	Programar la recepción de información.	1	5	20
	10	Programar el envío de información.	1	5	20
Creación de Gráficos	11		1	5	20
	12	Diseñar botones de conmutadores de rango. Programar la funcionalidad de los conmutadores de rango	1	5	20
	13	Generar la lectura de información de la base de datos.	1	5	20
	14	Generar el grafico según la lectura de información.	1	5	20
	15		1.6	8	32

Creación de reportes	16	Diseñar el apartado de reportes con su interactividad.	1.6	8	32
	17	Programar la lectura de la información almacenada en la base de datos.	1.6	8	32
	18	Diseñar la distribución de los gráficos dentro de la hoja de reportes.	1.6	8	32
	19	Generar apartado para la impresión de los reportes.	1.6	8	32
<b>Total, de tiempo estimado</b>			<b>19.6</b>	98	392

#### 4.2.3. Fase de diseño

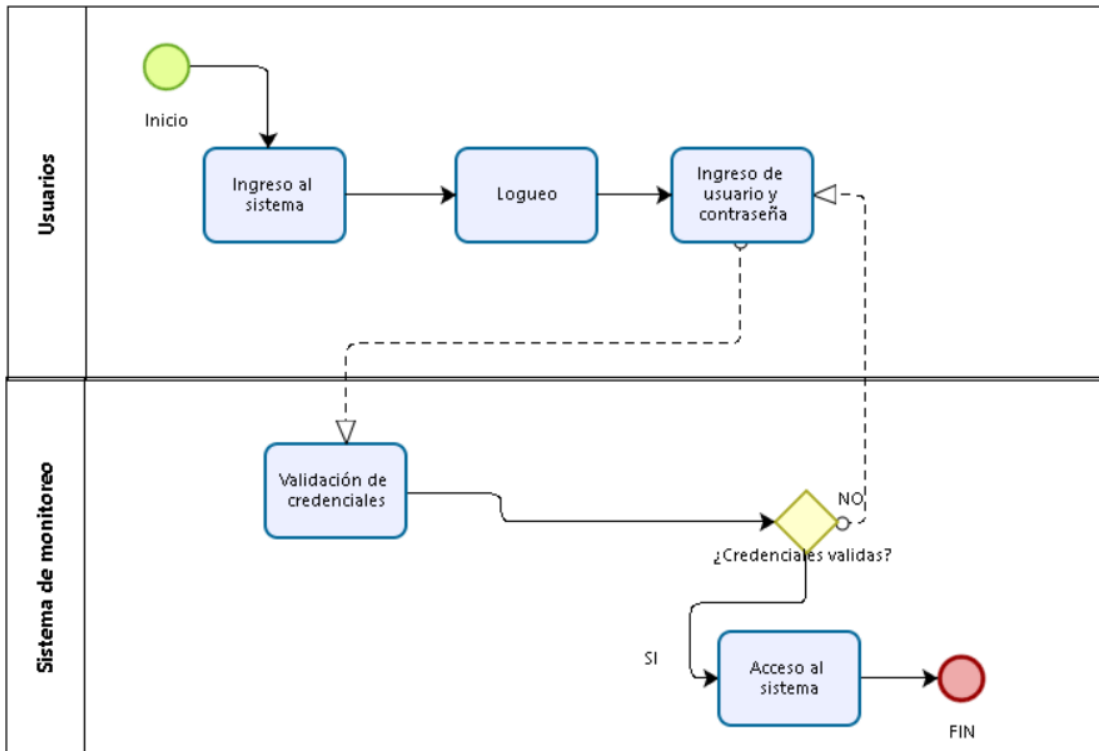
##### 4.2.3.1 Diagrama de flujo ingreso al sistema

El sistema IoT está constituido por la siguiente estructura de conexión y elementos, dentro del siguiente circuito se observa una fuente de 12V, dos electroválvulas, dos sensores de caudal, un sensor ultrasónico y una placa esp32.



**Figura 16.** Circuito Electrónico del Sistema IOT

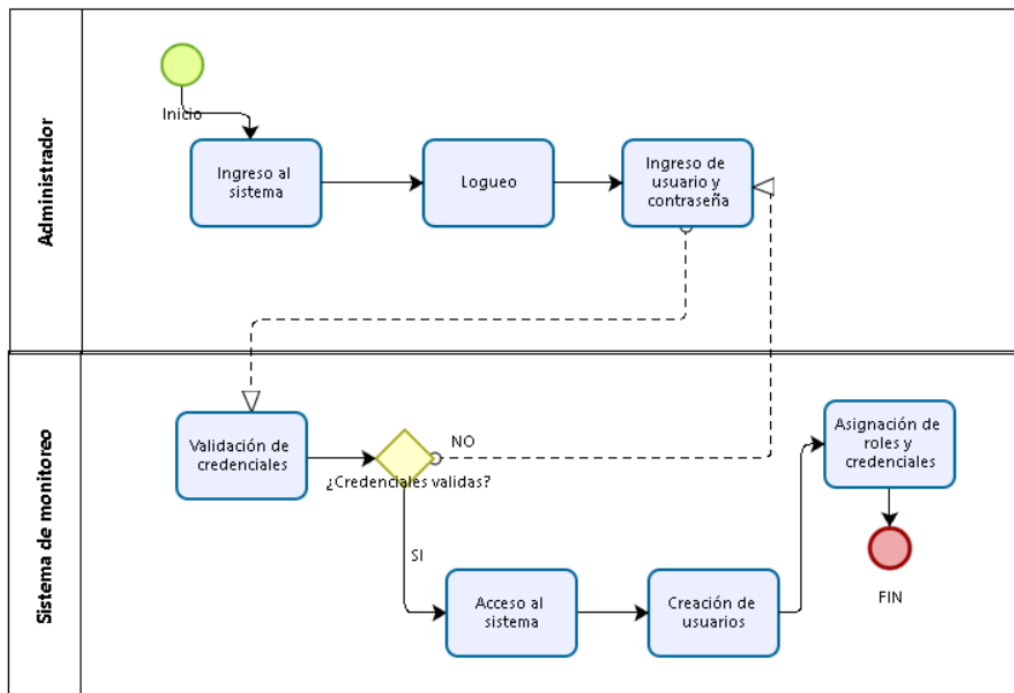
Para acceder al sistema, el administrador y el monitorador deben iniciar sesión, cada usuario con las credenciales que se les otorgan mediante contraseña y usuario. Si alguna de estas credenciales se ingresa incorrectamente, no podrá acceder al sistema.



**Figura 17.** Diagrama de flujo de ingreso de usuarios

#### 4.2.3.2 Diagrama de flujo asignación de roles

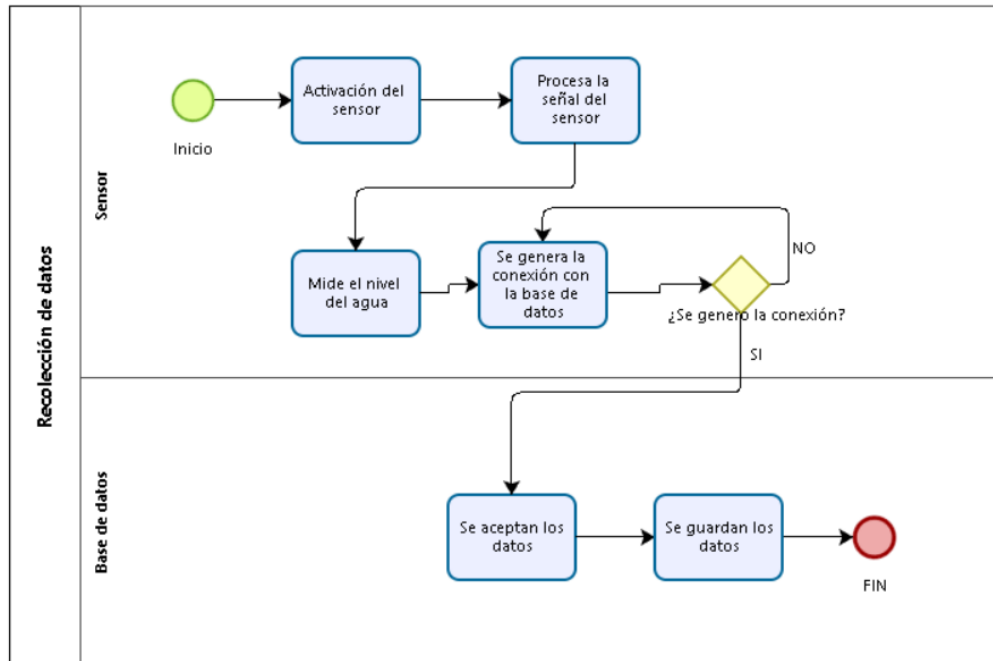
El administrador accede al sistema con sus respectivas credenciales, se dirigirá al apartado de agregar usuario y podrá definir tanto sus credenciales como el rol.



**Figura 18.** Diagrama de flujo asignación de roles

### 4.2.3.3 Diagrama de flujo recolección de datos

Aquí se observa la representación de como el sensor interactúa con el sistema para poder realizar la recolección de los datos y como estos se almacenan dentro de nuestra base de datos MySQL.

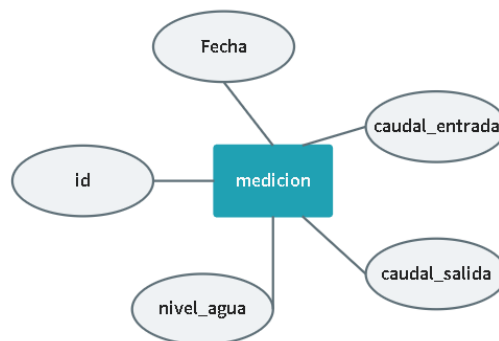


**Figura 19.** Diagrama de flujo recolección de datos

Diseño de la base de datos

- Modelo Entidad-Relación (ER)

A continuación, se presenta el modelo entidad-relación de la base de datos usada para el almacenamiento de los datos originarios del sistema de monitoreo:



**Figura 20.** Modelo entidad Relación

```

v esp32 datos2_tanque
id : int(11)
# nivel_agua : float
# caudal_entrada : float
# caudal_salida : float
fecha : timestamp

```

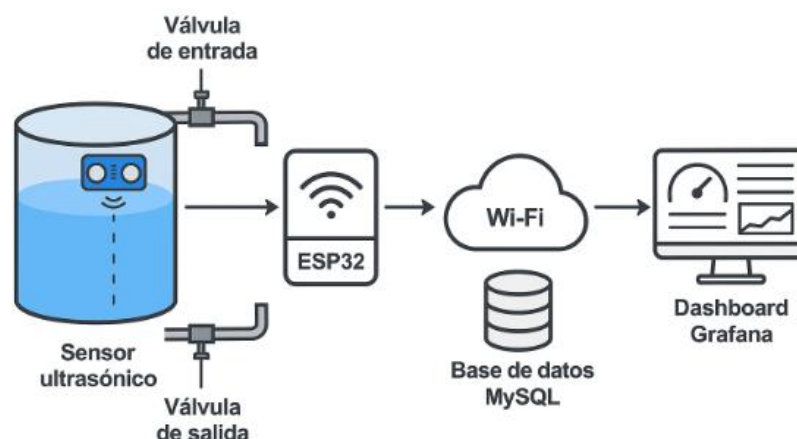
**Figura 21.** Diseño de BDD

**Tabla 15.** Atributos de la entidad medición

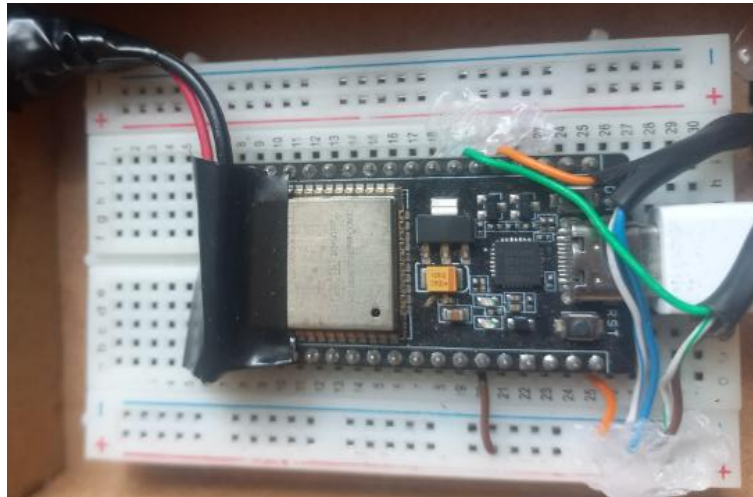
Campo	Tipo	Clave Primaria	Permite Nulos	Descripción
id	INT	Sí	No	Identificador único de cada registro
fecha_hora	DATETIME	No	No	Marca temporal de la medición
nivel	FLOAT	No	No	Nivel de agua registrado
caudal_entrada	FLOAT	No	Sí	Caudal que entra al tanque
caudal_salida	FLOAT	No	Sí	Caudal que sale del tanque

- Diseño de prototipos

Los elementos que interactúan dentro del sistema de monitoreo haciendo uso de Tecnología IoT son los siguientes: sensores, esp32, wifi, base de datos y dashboard, estos interactúan de tal manera que se genera una comunicación entre todos los elementos con la finalidad de recolectar y mostrar datos obtenidos en el entorno de monitoreo.








**Figura 22.** Elementos del Sistema de monitoreo IoT



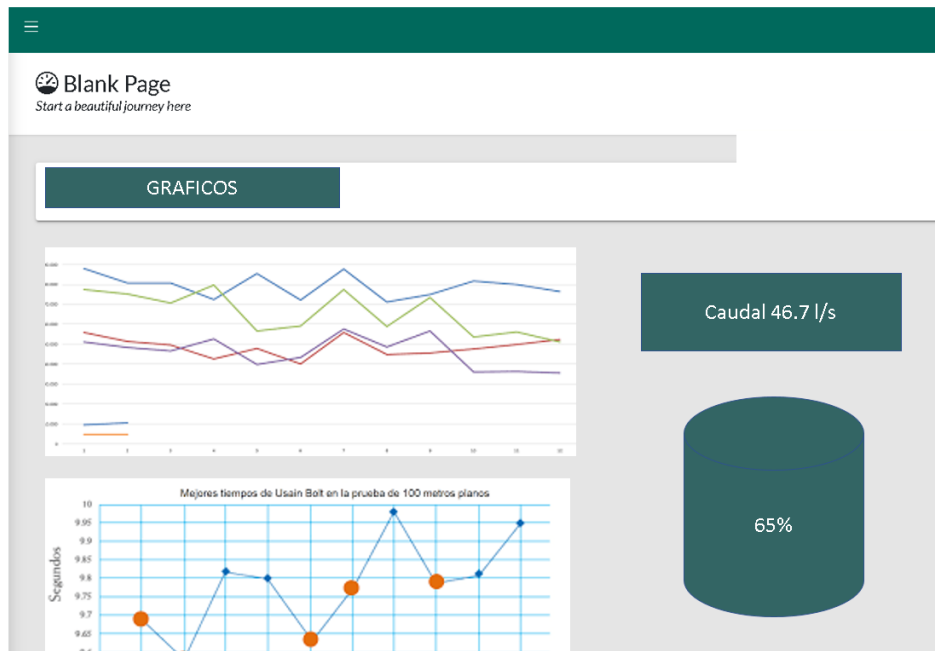
**Figura 23.** Microcontrolador ESP32 con los pines de las válvulas

El sistema presentara la lista de usuarios con la finalidad de restringir accesos con el motivo de garantizar el correcto funcionamiento del sistema, aquí se presenta tanto a un administrador como a un Espectador.

El administrador tiene la libertad de modificar los roles de usuarios y modificaciones del dashboard, mientras que el espectador solamente puede exportar la data generada y visualizar el comportamiento del sistema IoT.

Acceso	Correo electrónico	Nombre	Pertenece a	Rol con licencia
 administración	administrador@localhost		 Organización principal 	Administrador/editor
 Steven	stiven@gmail.com	Esteban	 Organización principal	Espectador

**Figura 24.** Maquetado de la lista de usuarios



**Figura 25.** Maquetado de gráficos

Historicos				
mes	fecha	caudal_entrada	caudal_salida	nivel_agua
8	2025-03-19 10:14:24	44	93	67
3	2025-03-19 10:14:19	46	57	80
10	2025-03-19 10:14:15	73	94	46
10	2025-03-19 10:14:10	45	14	56
9	2025-03-19 10:14:05	56	22	69
11	2025-03-19 10:14:01	80	45	35

**Figura 26.** Maquetado de exportación de datos

#### 4.2.4. Fase de codificación

En esta fase se estructura la lógica de programación del sistema donde cada vista se encarga de procesar las solicitudes realizadas por el usuario y posterior a eso dar acceso a la información solicitada y los elementos HTML en los que se presenta la data que requieren las vistas, además de usar el entorno IDE Arduino para el cálculo del comportamiento del agua. Se presentan los fragmentos de código de mayor relevancia durante el desarrollo del sistema.

```

35 void loop() {
36   // Enviar un pulso ultrasónico
37   digitalWrite(trigPin, LOW);
38   delayMicroseconds(2);
39   digitalWrite(trigPin, HIGH);
40   delayMicroseconds(10);
41   digitalWrite(trigPin, LOW);
42
43   // Leer el tiempo del eco
44   long duracion = pulseIn(echoPin, HIGH);
45
46   // Calcular la distancia (en cm)
47   float distancia = duracion * 0.034 / 2;
48
49   // Calcular el nivel de agua
50   float nivelAgua = alturaTanque - distancia;
51
52   // Calcular el volumen de agua (en cm³)
53   float volumen = largo * ancho * nivelAgua;
54
55   // Calcular el caudal (en cm³/s)
56   unsigned long tiempoActual = millis();
57   float deltaTiempo = (tiempoActual - tiempoAnterior) / 1000.0;
58   caudal = (volumen - volumenAnterior) / deltaTiempo;
59
60   // Actualizar arrays de lecturas para promedios
61   sumaNivel -= lecturasNivel[indiceLectura];
62   sumaVolumen -= lecturasVolumen[indiceLectura];
63   lecturasNivel[indiceLectura] = nivelAgua;
64   lecturasVolumen[indiceLectura] = volumen;
65   sumaNivel += nivelAgua;
66   sumaVolumen += volumen;
67   indiceLectura = (indiceLectura + 1) % numLecturas;
68
69   // Calcular promedios
70   float promedioNivel = sumaNivel / numLecturas;
71   float promedioVolumen = sumaVolumen / numLecturas;
72

```

**Figura 27.** Codificación de la esp32 para la obtención de datos

```

110
117 //Funcion conectar al WiFi
118 void connectWiFi(){
119   WiFi.mode(WIFI_OFF);
120   delay(1000);
121   WiFi.mode(WIFI_STA);
122
123   WiFi.begin(ssid, password);
124   Serial.println("<< Conectando al WiFi >>");
125
126   while (WiFi.status() != WL_CONNECTED){
127     delay(500);
128     Serial.print(".");
129   }
130   Serial.print("Conectado a : "); Serial.println(ssid);
131   Serial.print("IP address: "), Serial.println(WiFi.localIP());
132
133 }
134

```

Salida Monitor Serie x

Mensaje (Intro para mandar el mensaje de 'ESP32 Dev Module' a 'COM4')

Sin ajuste de línea 9600 baud

```

<< Conectando al WiFi >>
..Conectado a : AGUAMON
IP address: 192.168.1.101
Nivel de agua: -56.38 cm Volumen de agua: -84574.49 cm³ Caudal: -39100.55 cm³/s Promedio Nivel: -5.64 cm Pr
Nivel de agua: -69.39 cm Volumen de agua: -104082.00 cm³ Caudal: -9132.73 cm³/s Promedio Nivel: -12.58 cm Pi
Nivel de agua: -69.47 cm Volumen de agua: -104209.51 cm³ Caudal: -59.72 cm³/s Promedio Nivel: -19.52 cm Prom

```

**Figura 28.** Codificación de ingreso de la esp32 a la red

```
1 <?php
2
3     $hostname = "localhost";
4     $username = "root";
5     $password = "";
6     $database = "esp32a";
7
8     $conn = mysqli_connect($hostname, $username, $password, $database);
9
10
11     if (!$conn){
12         die("Conexion fallida: " . mysqli_connect_error());
13     }
14     echo "Coneccion OK <br> ";
15
16     if(isset($_POST["Nivel"]) && isset($_post["Volumen"])){
17
18         $n = $_POST["Nivel"];
19         $v = $_post["Volumen"];
20
21
22         $sql = "INSERT INTO testa (Nivel, Volumen) VALUES ('.$n.', ".$v.')";
23
24
25
26         if (mysqli_query($conn, $sql)){
27
28             echo "\nNuevo registro creado correctamente";
29         }else{
30             echo "Error: " . $sql . "<br>" . mysqli_error($conn);
31         }
32     }
33
34 ?>
```

Figura 29. Codificación de script de conexión a la base de datos

#### 4.2.5. Plataforma de visualización

Definiremos la configuración para nuestro servidor en este caso definimos como puerto de comunicación el 3000, este eslabón del sistema se considera de gran vitalidad para poder permitir una comunicación eficiente y un envío de datos satisfactorio.

```
[server]
# Protocol (http, https, h2, socket)
protocol = http

# Minimum TLS version allowed. By default, this value is empty. Accepted values are: TLS1.2, TLS1.3. If nothing is set
# TLS1.2 would be taken
min_tls_version = ""

# The ip address to bind to, empty will bind to all interfaces
http_addr =

# The http port to use
http_port = 3000

# The public facing domain name used to access grafana from a browser
domain = localhost

# Redirect to correct domain if host header does not match domain
# Prevents DNS rebinding attacks
enforce_domain = false

# The full public facing url
root_url = %(protocol)s://%(domain)s:%(http_port)s/
```

Figura 30. Definición del puerto de comunicación

Grafana nos ayuda en el proceso de crear la visualización de los datos que contiene la base de datos MySQL, dando así la posibilidad de crear paneles y tableros para facilitar la interpretación de los datos. Esta implementación otorga a los usuarios la acción de explorar fácilmente patrones y tendencias en conjuntos de datos, y optimice las opciones de acción a través de entornos intuitivos y analíticos.

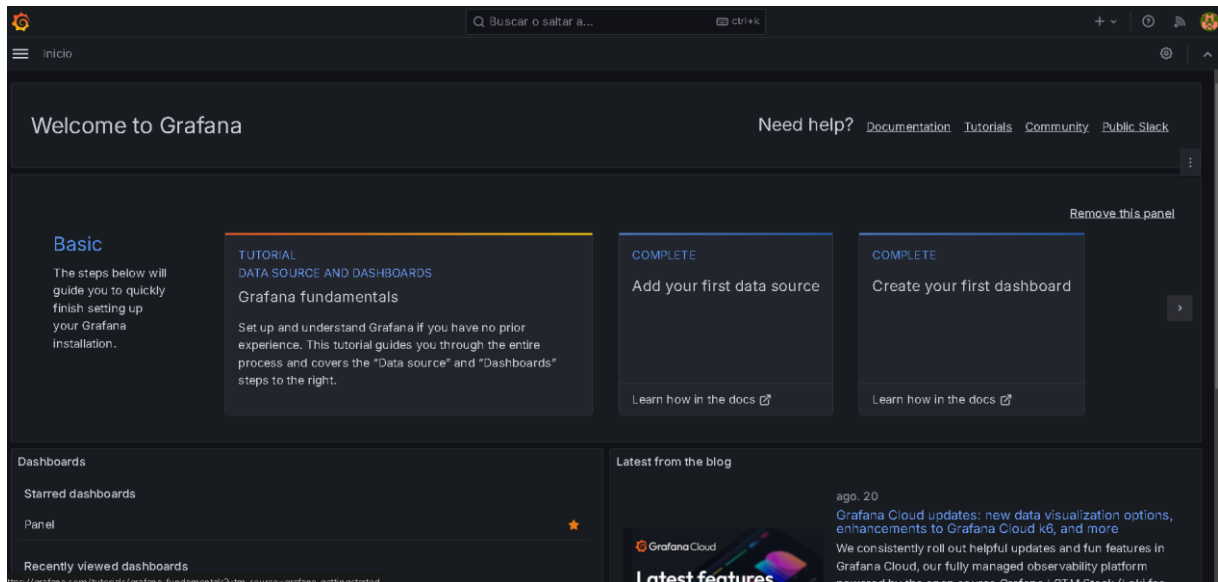


Figura 31. Menú inicial de Grafana

La configuración entre MySQL y Grafana se genera conectando la fuente de datos en Grafana hacia MySQL, permitiendo ver la información almacenada en MySQL mediante los paneles y tableros que se crean, ayudando en el monitoreo eficiente de la información tanto en volúmenes caudal y niveles.

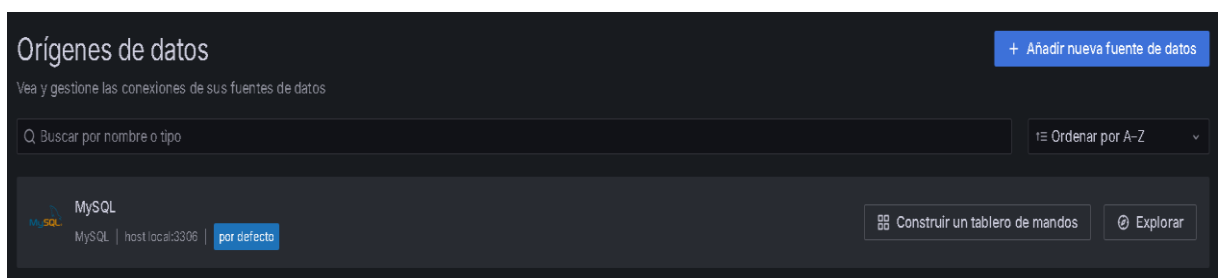
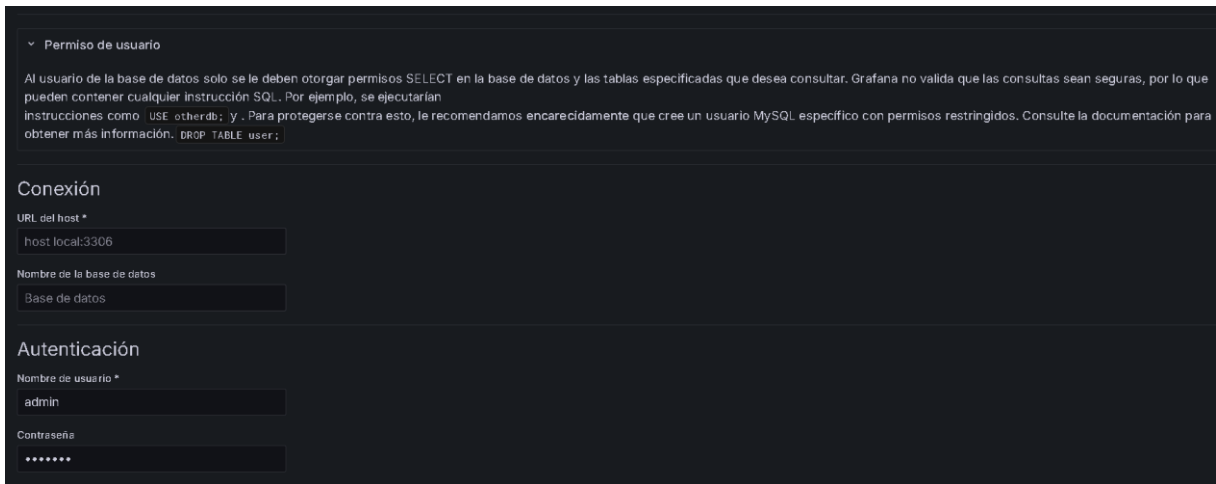


Figura 32. Conexión de MySQL

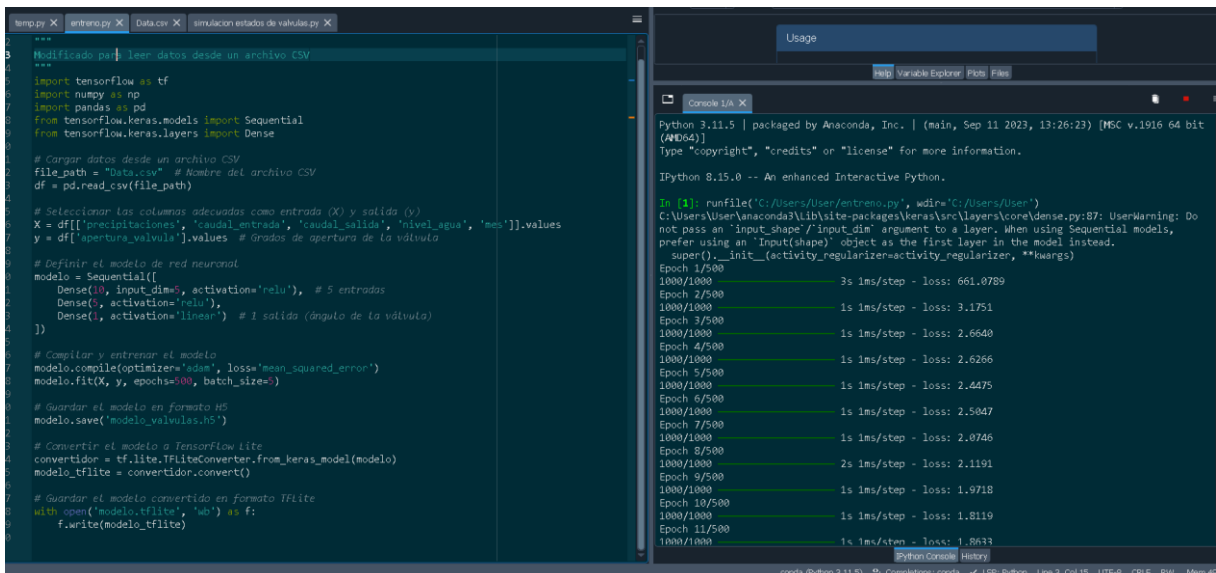
La conexión con la fuente de información y Grafana se efectúa mediante URL del host en MySQL como muestra la Figura 29. Al generar dicha configuración se posibilita la abstracción de la información almacenada. La comunicación mediante URL del

host y nombre de la base de datos establece una comunicación fluida entre ambas plataformas permitiendo ejecutar el monitoreo.



**Figura 33.** Integración de URL del host Grafana-MySQL

Se realiza la simulación del proceso de optimización automática en donde se evidencia la apertura y cierre de las electroválvulas tomando en cuenta nivel de agua y caudales en donde se realiza la apertura o cierre de estas mismas de manera automática según la necesidad de llenado y distribución si el tanque está por llegar a su máximo de llenado la válvula de salida se abre y viceversa si los niveles de agua son bajos.



**Figura 34.** Modelo de apertura y cierre de válvulas según llenado y distribución.

Dentro del dashboard se presenta un conjunto de información generada por el sistema de monitoreo, esta se encuentra en un registro continuo y en tiempo real con la finalidad de tener un monitoreo constante.

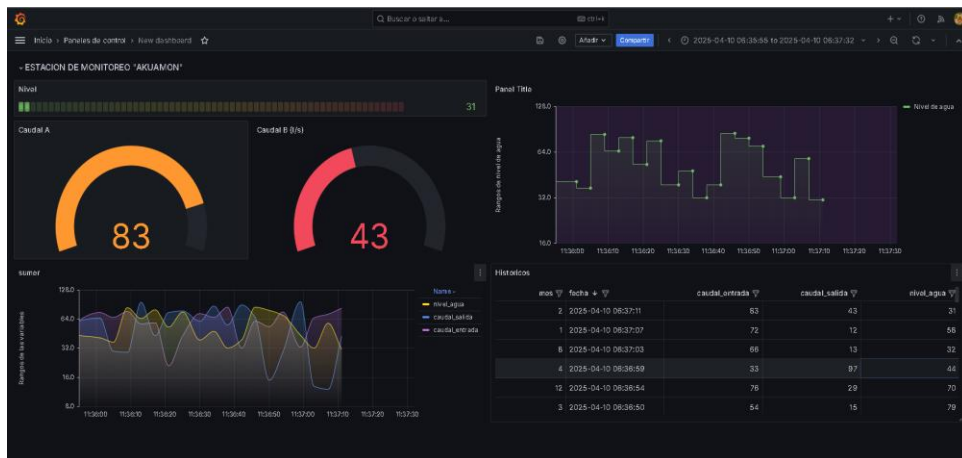


Figura 35. Dashboard de los datos obtenidos

#### 4.2.6. Fase de pruebas

En esta fase se muestra como cada uno de los elementos del sistema de monitoreo se comportan, se representa el comportamiento de la red neuronal y como esta toma la decisión de apertura y cierre de las válvulas de entrada y salida del tanque con el enfoque de tener un llenado y suministro de agua eficiente.

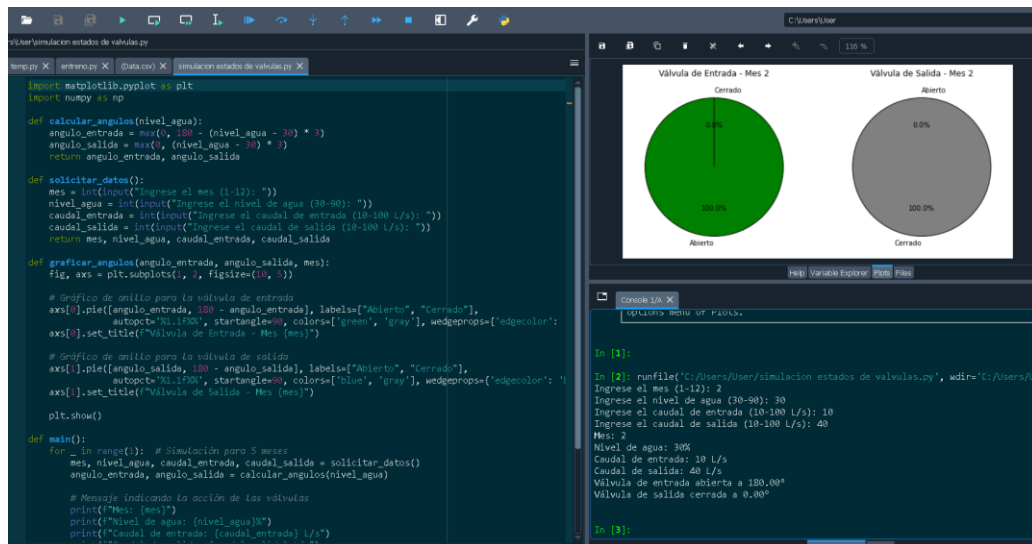


Figura 36. Prueba del algoritmo en acción

Se realiza la prueba de la recolección de datos y el envío de estos a la base de datos logrando mantener una conexión exitosa y estable con el servidor logrando la aceptación de conexión.

```
22
23 void calcularAngulos(int nivelAgua, int &anguloEntrada, int &anguloSalida) {
24     // La válvula de entrada se abre más si el nivel es bajo
25     anguloEntrada = map(nivelAgua, 30, 90, 180, 0);
26     // La válvula de salida se abre más si el nivel es alto
27     anguloSalida = map(nivelAgua, 30, 90, 0, 180);
28 }
29
30 void setup() {
31     servoEntrada.attach(pinServoEntrada);
32     servoSalida.attach(pinServoSalida);
33     Serial.begin(115200);
34     conectarWiFi();
35 }
36
```

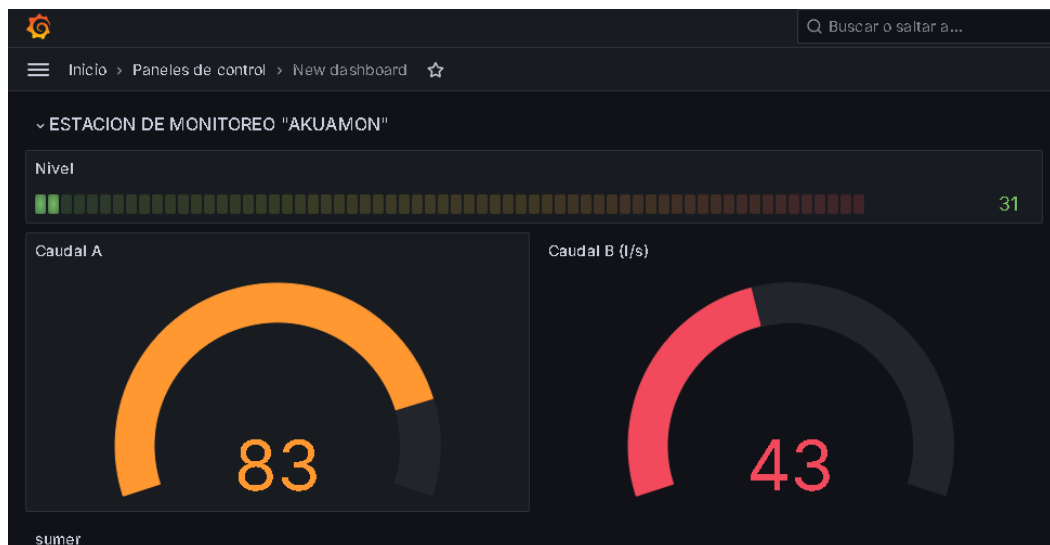
Monitor Serie X

Mensaje (Intro para mandar el mensaje de 'ESP32 Dev Module' a 'COM4')

```
11:35:58.936 -> Conectando...
11:35:59.963 -> Conectando...
11:36:00.930 -> Conectando...
11:36:00.930 -> Conectado a WiFi
11:36:01.131 -> Respuesta del servidor:
11:36:01.131 -> Datos guardados correctamente
11:36:05.304 -> Respuesta del servidor:
11:36:05.337 -> Datos guardados correctamente
```

**Figura 37.** Prueba de envío de los datos.

Los datos han pasado por la etapa de obtención y envío de información posterior a eso se establece la conexión con el entorno de visualización una vez el servidor acepta la conexión.



**Figura 38.** Prueba de visualización de la información.

Inspeccionar: Historicos

1 consultas con un tiempo total de consulta de 58 ms

Datos Estadísticas JSON Consulta

> Opciones de datos Datos formateados Descargar CSV

mes	fecha	caudal_entrada	caudal_salida	nivel_agua
11	2025-03-10 17:40:29	64	26	57
4	2025-03-10 17:40:33	60	78	48
2	2025-03-10 17:40:37	65	19	58
5	2025-03-10 17:40:41	66	65	90
10	2025-03-10 17:40:45	76	47	37
5	2025-03-10 17:40:49	54	53	70
6	2025-03-10 17:40:53	28	23	65
6	2025-03-10 17:41:18	74	58	90
2	2025-03-10 17:41:22	99	54	38
3	2025-03-10 17:41:26	45	46	68
1	2025-03-10 17:41:31	83	23	41
8	2025-03-10 17:41:35	49	49	33
7	2025-03-10 17:41:39	19	64	81
12	2025-03-10 17:41:43	17	81	67
12	2025-03-10 17:41:47	21	96	53
9	2025-03-10 17:41:51	69	19	34

Figura 39. Prueba de exportación de datos.

### 4.3. DISCUSIÓN

El presente proyecto tiene como objetivo primordial otorgar un sistema al grado que permita automatizar el proceso de monitoreo en la dirección de agua potable y alcantarillado del GAD Montúfar, durante el proyecto se pudo identificar y posteriormente caracterizar los procesos pilares que complementan el monitoreo de tanques de agua que ejecuta internamente la institución.

Lo resultados generados por la investigación titulada "Sistema de monitoreo de la calidad del agua basado en IoT, utilizando técnicas de analítica de datos para la detección de anomalías, en los acueductos ejecutados por el plan departamental de aguas (PDA) de córdoba", nos menciona que, Porque el agua potable es esencial para la salud y la supervivencia humanas, es un derecho humano. Pero debido a varios factores, como la minería, la extracción de petróleo, la contaminación fecal y la falta de supervisión y conocimiento sobre la calidad del agua, puede causar enfermedades infecciosas que afectan a las personas, especialmente a las más vulnerables (niños y ancianos). También, la falta de sistemas que permitan la detección en tiempo real de los parámetros de calidad del agua fuera de las áreas

establecidas dificulta la toma de decisiones. Como resultado, se desarrolló un sistema de vigilancia basado en Internet que utiliza sensores especializados para recopilar datos en tiempo real. Los parámetros fisicoquímicos del agua para consumo humano también pueden determinar utilizando modelos de analítica descriptiva. Los resultados, que presentan un error relativo promedio inferior al 5% entre el dispositivo basado en IoT utilizado para este trabajo y el método tradicional para medir la calidad del agua para consumo humano en zonas de difícil acceso, demuestran la confiabilidad de las medidas implementadas. Esta investigación podría llegar a la conclusión de que el prototipo puede ser utilizado para informar a los usuarios de cambios en los parámetros de calidad de agua potable en tiempo real. Esto permitiría la creación de algoritmos predictivos que puedan estimar la prevención de la salud de las personas utilizando los datos recopilados. Además, esto permitiría la creación de una base de datos que se pueda comparar con futuras mediciones en cada sitio de la industria.

En relación con la presente investigación concuerdo con lo propuesto en este antecedente recalcando que la disponibilidad de la información y accesibilidad al sistema es lo más primordial.

Autor / Año	Objetivo	Tecnología utilizada	Alcance / Enfoque	Ventajas	Relación con tu tesis
<b>Luque (2023)</b>	Propuesta de sensores de nivel y macromedidor para identificar fallos operativos en reservorio R-2	Sensor de nivel + macromedidor	Evaluación de fallos en un sistema de reservorio	Mejora operativa y económica	Similar al monitoreo de nivel de agua; esta tesis añade visualización en <b>Grafana</b> y control de <b>electroválvulas</b>
<b>Herrera et al. (2020)</b>	Sistema IoT económico para controlar nivel de tanques en Aguas de La Habana	Arduino, sensor HC-SR04, MQTT, GSM, SCADA, Android	Automatización de tanques de agua potable	Reducción de costos al reemplazar PLCs por Arduino	Muy relacionada: uso de sensor ultrasónico y plataforma IoT; esta tesis añade enfoque educativo y control doble (entrada/salida)
<b>Carriazo (2021)</b>	Sistema IoT para monitorear calidad del agua en tiempo real.	IoT, sensores fisicoquímicos, analítica de datos	Control sanitario en acueductos rurales	Alerta temprana ante contaminación	Enfocada en calidad del agua; esta tesis en nivel y control. Coinciden en uso de IoT.
<b>Limaico &amp; Nacimba (2022)</b>	Monitorear variables del sistema de agua mediante red IoT en junta de agua	LoRa, sensores de caudal, nodos LoRa32, red punto a punto	Optimizar medición y facturación del consumo	Bajo consumo, alta precisión, bajo costo	esta tesis también busca eficiencia con sensores y automatización, con foco en control de nivel y flujo
<b>Morillo &amp; Narváez (2023)</b>	Medición y visualización continua del nivel de agua en tanques de Loja	Sensor ultrasónico, CubeCell LoRaWAN, Ubidots	Monitoreo automatizado con energías limpias	Precisión, escalabilidad, visualización remota	Afin: usan sensor ultrasónico, visualización IoT; esta tesis se diferencia en el uso de ESP32, Grafana y control activo de válvulas
<b>Esta tesis</b>	Diseño del monitoreo de niveles de agua aplicando internet de las cosas en los tanques de reserva del Gobierno Autónomo Descentralizado de Montúfar	ESP32, sensores ultrasónicos, sensores de caudal, electroválvulas, Grafana, MySQL	Monitoreo, control automático y visualización en tiempo real	Integración completa de medición, control y visualización; bajo costo	Integra elementos presentes en los antecedentes (sensor, IoT, visualización), con valor agregado en control de válvulas y visualización técnica para usuarios

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- La información obtenida por medio de la fundamentación teórica ha permitido elaborar bases sólidas acerca de entornos IoT y su función principal, además ayudó a comprender los principios teóricos del área de estudio. Los procesos de monitoreo estudiados se encuentran en la naturaleza de ser adaptados a un sistema IoT, centralizándose en la optimización de recolección y visualización de datos.
- Dentro de las metodologías de desarrollo de software la metodología XP (Programación Extrema) ha facilitado la aplicación de las diferentes etapas que la componen (planificación, diseño, codificación, pruebas) permitiendo dar seguimiento al ciclo de vida del proyecto, agilizando la recolección de requisitos dando paso a la planificación de las actividades a realizar.
- Se considera que los instrumentos que se encuentran en la metodología XP son de gran ayuda al momento de desarrollar un sistema IoT porque permite aislar los módulos del sistema en tareas más pequeñas generando un plazo de entrega e importancia de dicha tarea garantizando la organización y entrega de las tareas con mayor relevancia. La utilización de software libre para la elaboración del sistema IoT direccionado a un entorno web dio los resultados deseados porque la integración de las funcionalidades fue ideal obteniendo un acoplamiento tanto con los componentes del sistema como los procesos de monitoreo.
- La investigación permitió demostrar que es factible diseñar una solución informática para el monitoreo del agua tratada en los tanques de reserva del GAD Montúfar, integrando herramientas de hardware y software que faciliten la recolección, transmisión y visualización de datos. El sistema propuesto constituye un apoyo técnico para optimizar la gestión del recurso hídrico, ya que garantiza un control eficiente de los niveles de agua, mejora la toma de decisiones y contribuye a la transparencia en la administración de los tanques

de reserva. En consecuencia, se cumple con el objetivo específico planteado, brindando una alternativa innovadora y sostenible para el fortalecimiento de la gestión pública en el ámbito del agua potable.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- La investigación realizada se encaminó en la elaboración de un prototipo, por lo cual se aconseja expandir la fase investigativa apoyándose de la documentación presentada en esta investigación, y estudiar áreas similares y dimensionar el impacto que puede generar un sistema IoT en los procesos de monitoreos de organismos.
- Es recomendable estudiar los procesos de monitoreo y factores adyacentes que intervienen y complementan esta área, además analizar la adaptabilidad del proceso a un entorno IoT y como este se desarrolla de manera progresiva.
- En el contexto de la metodología XP se sugiere mantener diálogos constantes con el cliente para entender y garantizar que los requerimientos se efectúen según lo esperado, permitiendo garantizar la calidad del sistema en la etapa de ejecución de test y aceptación.
- El set de herramientas que componen la metodología XP depende del investigador, por lo que se recomienda investigar ampliamente sobre cómo aplicar durante la etapa de desarrollo y seleccionar los parámetros que más se adapten a los requisitos y procesos que efectúa la institución tomando en consideración el estado, magnitud y naturaleza del proyecto.
- El sistema IoT puede funcionar en un entorno local, se sugiere desplegar el sistema en la nube para garantizar el monitoreo desde cualquier zona geográfica y así poder obtener el mayor provecho del entorno web, cabe recalcar que al ser un sistema IoT es necesario cumplir con la definición que el internet de las cosas nos presenta, por lo cual se menciona que el pilar fundamental es mantener la comunicación mediante la Internet.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguas de Cartagena. (s.f.). Obtenido de CICLO INTEGRAL DEL AGUA: <https://www.acuacar.com/Acuacar/Gesti%C3%B3n-Ambiental/Ciclo-Integral-del-Agua#/List>
- ALCORA. (27 de Octubre de 2021). Obtenido de Agua potable y agua tratada: qué son, características y diferencias: <https://alcora.es/blog/agua-potable-y-agua-tratada-que-son-caracteristicas-y-diferencias/>
- Amerimetrics. (17 de Octubre de 2023). Arimetrics. Obtenido de Qué es Dashboard - Definición, significado y ejemplos. Arimetrics.: <https://www.arimetrics.com/glosario-digital/dashboard>
- ARCA. (28 de Enero de 2022). *Regulación DIR-ARCA-RG-011-2022 – Expide la Norma técnica para el control de la gestión del uso eficiente del agua potable*. Obtenido de FAOLEX: <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC215639/>
- Arduino Mega 2560 rev3. (s.f.). *Arduino Official Store*. Obtenido de <https://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3>
- ARDUINO.CC. (s.f.). *Arduino Documentation*. Obtenido de Arduino Yún: <https://docs.arduino.cc/retired/boards/arduino-yun/>
- Besoftware. (11 de Mayo de 2020). Obtenido de ¿Qué es C# y para qué sirve?
- Carriazo, Y. (1 de Septiembre de 2021). *Universidad Autónoma de Bucaramanga*. Obtenido de Sistema de monitoreo de la calidad del agua basado en IOT, utilizando técnicas de analítica de datos para la detección de anomalías, en los acueductos ejecutados por el plan departamental de aguas (PDA) de Córdoba: <https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/15481>
- Castillo, J., & Carreño, D. (2020). Diseño metodológico para la caracterización de procesos, caso empresas metalmeccánicas del departamento de Boyacá. *Inge-Cuc/Inge Cuc*, 248.
- Circuito Electrico*. (23 de Febrero de 2025). Obtenido de <https://circuitoelectrico.com/>


- ELECTRICAL TECHNOLOGY. (30 de Septiembre de 2022). Obtenido de Different Types of Sensors with Applications: <https://www.electricaltechnology.org/2018/11/types-sensors-applications.html/amp>
- ESPRESSIF. (s.f.). *ESP32 Wi-Fi & Bluetooth SOC | Espressif Systems*. Obtenido de <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>
- Factoria . (9 de Mayo de 2024). *Ausum Cloud: Servicios Y Soluciones Cloud*. . Obtenido de Qué es Grafana y cómo se usa en la monitorización. : <https://ausum.cloud/que-es-grafana-y-como-se-usa-en-la-monitorizacion/>
- Ghetto, M. D. (15 de noviembre de 2024). Obtenido de De Ghetto, M. (2024, November 15). Las Redes Neuronales artificiales: comprender los fundamentos de una revolución tecnológica. Tecnológica: <https://officinatecnologica.com/es/2024/11/15/las-redes-neuronales-artificiales-comprender-los-fundamentos-de-una-revolucion-tecnologica/>
- Hernández Sampieri, & Fernández Collado. (2014). Metodología de la investigación. McGraw-Hill Interamericana. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.15338867>
- Hernandez, S., & Danae, D. (2020). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *Boletín Científico De Las Ciencias Económico Administrativas Del ICEA*, 1-2.
- Herrera, R., Perryman, N., & Rabanillo, M. d. (2020). Sistema IoT para el control del nivel de tanques en Aguas de La Habana. *Revista Cubana de Transformacion Digital*, 38-52.
- Iberia, H. (6 de Septiembre de 2022). *Tanques de almacenamiento: tipos, materiales y usos*. Obtenido de <https://www.haleco.es/tanques-almacenamiento-tipos-materiales-usos/>
- Intesc. (22 de Julio de 2021). *Librería sensor ultrasónico HC-SR04 - MPLAB X - INTESC*. . Obtenido de <https://intesc.mx/libreria-sensor-ultrasonico-hc-sr04-mplab-x/>
- Jecrespom. (17 de Octubre de 2021). *Arquitecturas IoT*. Obtenido de Aprendiendo Arduino: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2018/11/11/arquitecturas-iot/>
- Limaco, L., & Nacimba, D. (23 de Febrero de 2022). Obtenido de UPS: [www.ups.edu.ec](http://www.ups.edu.ec)
- Limaico, L., & Nacimba, D. (23 de Febrero de 2022). Obtenido de Repositorio institucional de la Universidad Politecnica Salesiana: <chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21923/1/UPS%20-%20TTS623.pdf>
- Limaico, L., & Nacimba, D. (23 de Febrero de 2022). Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21923>

- Limaico, L., & Nacimba, D. (23 de Febrero de 2022). *Repositorio institucional de la Universidad Politecnica Salesiana*. Obtenido de [https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21923?utm\\_source](https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21923?utm_source)
- Loayan, S. (8 de Enero de 2025). Obtenido de <https://asana.com/es/resources/agile-methodology>
- Londoño, P. (17 de Enero de 2023). *Hubspot.es*. Obtenido de Qué es MySQL, para qué sirve y características principales.: <https://blog.hubspot.es/website/que-es-mysql>
- Luque, J. (28 de Junio de 2023). *Propuesta de implementación de sensores de nivel de agua con macromedidor en reservorio R-2 para la identificación temprana de fallos operacionales, Arequipa - 2021*. Obtenido de Repositorio Institucional Continental: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13076>
- Márquez, C. (24 de Agosto de 2023). El desperdicio de agua potable en el país llega a 626 millones de litros al año. *YOUTOPIA*. Obtenido de <https://youtopiaecuador.com/cuidado-del-ambiente/desperdicio-agua-potable-ecuador-litros/#:~:text=La%20evaporaci%C3%B3n%20la%20medici%C3%B3n%20defectuosa%20el%20hurto%20y,pierde%20626%20millones%20de%20litros%20de%20agua%20potable.>
- Morillo, K., & Narváez, J. (6 de Julio de 2023). Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/27492>
- Muñoz, A. (22 de Mayo de 2020). *SISTEMA PARA MONITOREO Y SUPERVISIÓN DE VARIABLES Y CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO EN INCUBADORAS NEONATALES A TRAVÉS DE INTERNET DE LAS COSAS IoT*. . Obtenido de <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/1183>
- Muñoz, C. (2015). *Metodología de la investigación*. México: Editorial Progreso S.A de C.V.
- Oracle. (s.f.). *¿Qué es una base de datos?* Obtenido de <https://www.oracle.com/es/database/what-is-database/>
- Pomer, J. (3 de Enero de 2023). *Control de Nivel con sensores de ultrasonido y comunicación wireless*. Obtenido de elion: <https://www.elion.es/aplicaciones/control-de-nivel-con-sensores-de-ultrasonido/>
- Pooja, D., Singh, P., Patil, S., & Kumar, P. (2020). *Sensors in Water Pollutants Monitoring: Role of Material, 2020*. Singapore: Springer.
- rwestMSFT. (s.f.). *¿Qué es SQL Server? - SQL Server. Microsoft Learn*. . Obtenido de <https://learn.microsoft.com/es-es/sql/sql-server/what-is-sql-server?view=sql-server-ver16>


- Savedra, J. (1 de Junio de 2023). *Ebac*. Obtenido de ¿Qué es AJAX y cómo se utiliza?  
: <https://ebac.mx/blog/que-es-ajax>
- Salinas, Y., Galván, D., Guzmán, I., & Orrante, J. (2022). El impacto del internet de todas las cosas (IoT) en la vida cotidiana. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 3-5.
- SUPAYSoft. (s.f.). *Gad montúfar. Gob.Ec.* Obtenido de <https://www.gadmontúfar.gob.ec/filosofia-institucional.php>
- Torres, Í. (19 de Agosto de 2022). *IVE CONSULTORES*. Obtenido de <https://iveconsultores.com/que-es-un-proceso/>
- Torres, Í. (19 de Agosto de 2022). *Que es un proceso. Que es un proceso*. Obtenido de <https://iveconsultores.com/que-es-un-proceso/>
- Torres, W. (6 de Julio de 2021). *Ecuador pierde USD 320 millones al año por fugas y robo de agua potable*. Obtenido de <https://www.primicias.ec/noticias/economia/perdidas-agua-fugas-ecuador-municipios/>
- UNESCO. (21 de Marzo de 2023). *Riesgo inminente de una crisis mundial del agua (UNESCO/ONU-Agua)*. Obtenido de UNESCO: <https://www.unesco.org/es/articulos/riesgo-inminente-de-una-crisis-mundial-del-agua-unesco/onu-agua>
- Valdivielso, A. (19 de Octubre de 2020). *iagua*. Obtenido de ¿Qué es un caudal?: <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-caudal>

## VII. ANEXOS

### Anexo 1. Acta de sustentación de Predefensa del TIC



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI**



**FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES**  
**CARRERA DE COMPUTACIÓN**  
**ACTA**  
**DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDEFENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

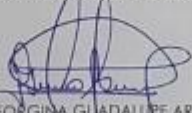
ESTUDIANTE: BUSTOS VILLARREAL STEVEN DAVID	CÉDULA DE IDENTIDAD: 0401850001
PERIODO ACADÉMICO: 2025A	
PRESIDENTE TRIBUNAL: MSC. GEORGINA GUADALUPE ARCOS PONCE	DOCENTE TUTOR: MSC. MILTON GABRIEL DEL HIERRO MOSQUERA
DOCENTE: MSC. JAIRO VLADIMIR HIDALGO GUIJARRO	
TEMA DEL TIC: "Internet de las cosas (IoT) para el monitoreo de tanques de agua tratada".	


No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	9.00	Revisar los verbos de los objetivos
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	9.00	organizar marco teórico en cuanto a las variables de estudio
3	METODOLOGÍA	9.00	Revisar la idea defender
4	RESULTADOS	9.00	
5	DISCUSIÓN	9.00	
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	9.00	Revisar las conclusiones en base a los objetivos planteados
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	9.00	
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	7.67	Revisar guía metodológica, ortografía, normas APA del documento.


Obteniendo una nota de: **8,60** Por lo tanto, **APRUEBA** debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firmo en la ciudad de Tulcán el **miércoles, 23 de julio de 2025**

  
 MSC. GEORGINA GUADALUPE ARCOS PONCE  
**PRESIDENTE TRIBUNAL**

  
 MSC. MILTON GABRIEL DEL HIERRO MOSQUERA  
**DOCENTE TUTOR**

  
 MSC. JAIRO VLADIMIR HIDALGO GUIJARRO  
**DOCENTE**

**Anexo 2.** Certificado del abstract por parte de idiomas



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES CENTER**

<b>ABSTRACT- EVALUATION SHEET</b>				
<b>NAME:</b> Bustos Villarreal Stiven David				
<b>DATE:</b> Viernes, 22 de agosto de 2025				
<b>Topic:</b> "La Internet de las cosas (IoT) para el monitoreo de tanques de agua tratada"				
<b>MARKS AWARDED</b>		<b>QUANTITATIVE AND QUALITATIVE</b>		
<b>VOCABULARY AND WORD USE</b>	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>WRITING COHESION</b>	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>ARGUMENT</b>	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>CREATIVITY</b>	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>SCIENTIFIC SUSTAINABILITY</b>	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>TOTAL/AVERAGE</b>	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED		<b>TOTAL 9</b>	



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL  
CARCHI- FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES  
CENTER**

**Informe sobre el Abstract de Artículo Científico  
o Investigación.**

**Autor:** Bustos Villarreal Stiven David

**Fecha de recepción del abstract:** Jueves, 21 de agosto de 2025

**Fecha de entrega del informe:** Viernes, 22 de agosto de 2025

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

**Observaciones:**

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según la rúbrica de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9; por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



MARtha MACKELLY  
VIVEROS ALMEIDA

MA. Martha Viveros  
Docente responsable del  
CIDEN

### **Anexo 3. Manual Técnico**

#### **Manual Técnico del sistema de Internet de las cosas (IoT) para el monitoreo de tanques de agua tratada.**

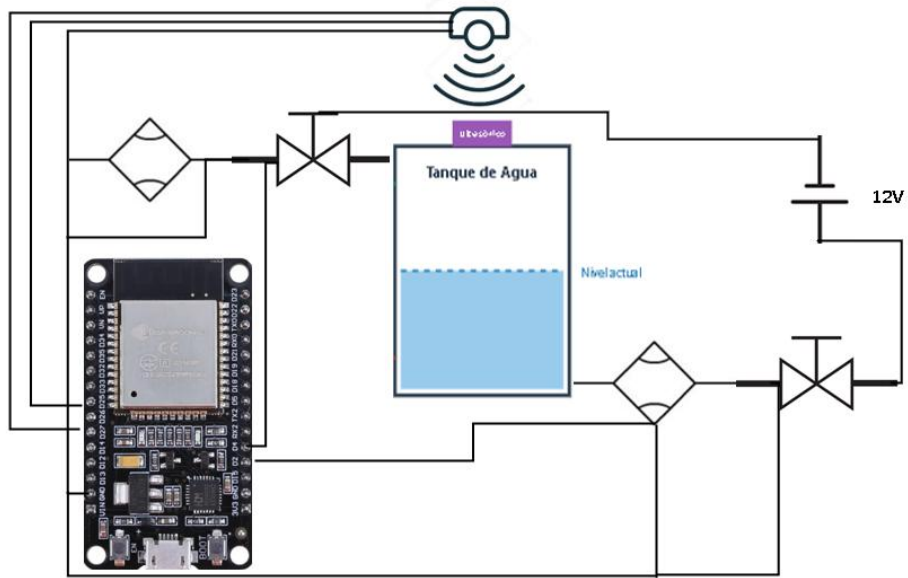
##### Introducción

El sistema para el monitoreo de tanques de agua tratada haciendo uso del Internet de las cosas (IoT) es un entorno en donde participa tanto elementos electrónicos como un software, que integra una comunicación entre dispositivos electrónicos y un dashboard, este sistema recolecta la información obtenida de su entorno mediante el uso de sensores además dichos datos son mostrados de manera gráfica para tener un buen control y monitoreo de los niveles de agua dentro de los tanques de reserva, este sistema con enfoque al uso de IoT lleva a cabo la autonomía y sostenibilidad que se puede dar al proceso de monitoreo del recurso natural "El agua", así este sistema envía la información captada a una base de datos en la cual se le conecta un entorno visual para dichos datos y se logra ver nivel de agua, caudal de entrada y salida del tanque haciendo uso de diagramas con ingreso de datos en tiempo real.

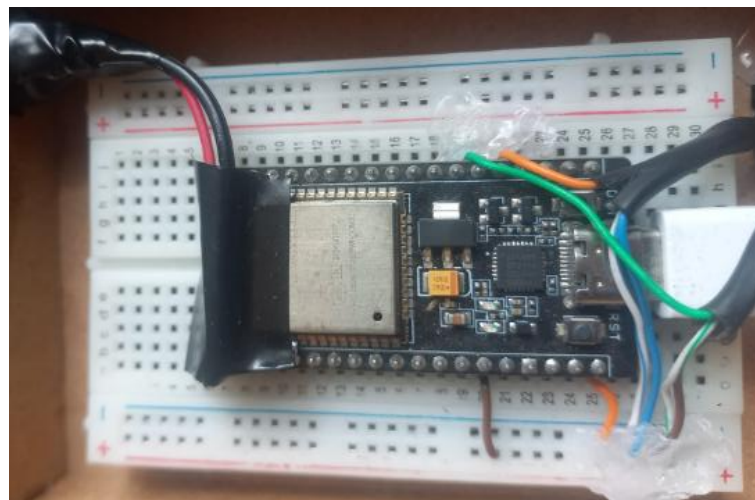
##### **Diseño del circuito para la obtención de datos**

Para crear la parte electrónica de nuestro sistema se hará uso de varios elementos como lo son:

- Sensor ultrasónico
- 2 sensores de caudal
- 2 electroválvulas
- Una fuente de 12v
- Dos relees
- Jumpers



**Figura 40.** Elementos electrónicos del sistema



**Figura 41.** Esp32 y pines de conexión

Una vez clara la conexión y el contexto del sistema pasamos a ver las instrucciones del sistema el cual será codificado haciendo uso del IDE de Arduino como se presenta en la Figura 42 donde se evidencia la conexión a internet para el posterior envío de datos.

```

1  #include <WiFi.h>           // Incluye la librería para manejar la conexión WiFi
2  #include <HTTPClient.h>    // Incluye la librería para realizar solicitudes HTTP (enviar datos al servidor)
3
4  // Configuración WiFi
5  const char* ssid = "AGUAMON";           // Nombre de la red WiFi
6  const char* password = "aguamon1";     // Contraseña del WiFi
7  const char* serverName = "http://192.168.1.101/conexion/test_data2.php"; // URL del servidor receptor pc
8
9  // Pines del sensor ultrasónico
10 const int TRIG_PIN = 26;                // Pin del ESP32 conectado al TRIG del ultrasónico
11 const int ECHO_PIN = 25;               // Pin del ESP32 conectado al ECHO del ultrasónico
12
13 // Pines de sensores de caudal
14 const int FLOW_IN_PIN = 34;            // Pin del caudalímetro de entrada
15 const int FLOW_OUT_PIN = 35;          // Pin del caudalímetro de salida
16
17 // Pines de las electroválvulas (controladas por relés)
18 const int VALVE_IN_PIN = 18;          // Relé de la válvula de entrada
19 const int VALVE_OUT_PIN = 19;         // Relé de la válvula de salida

```

**Figura 42.**Instrucciones de conexión a Internet

Una de las partes más importantes del sistema es establecer la conexión a la base de datos MySQL en donde nuestro código tenemos que dar a conocer cuál es la dirección de servidor.

```

7  const char* serverName = "http://192.168.1.101/conexion/test_data2.php"; // URL del servidor receptor pc

```

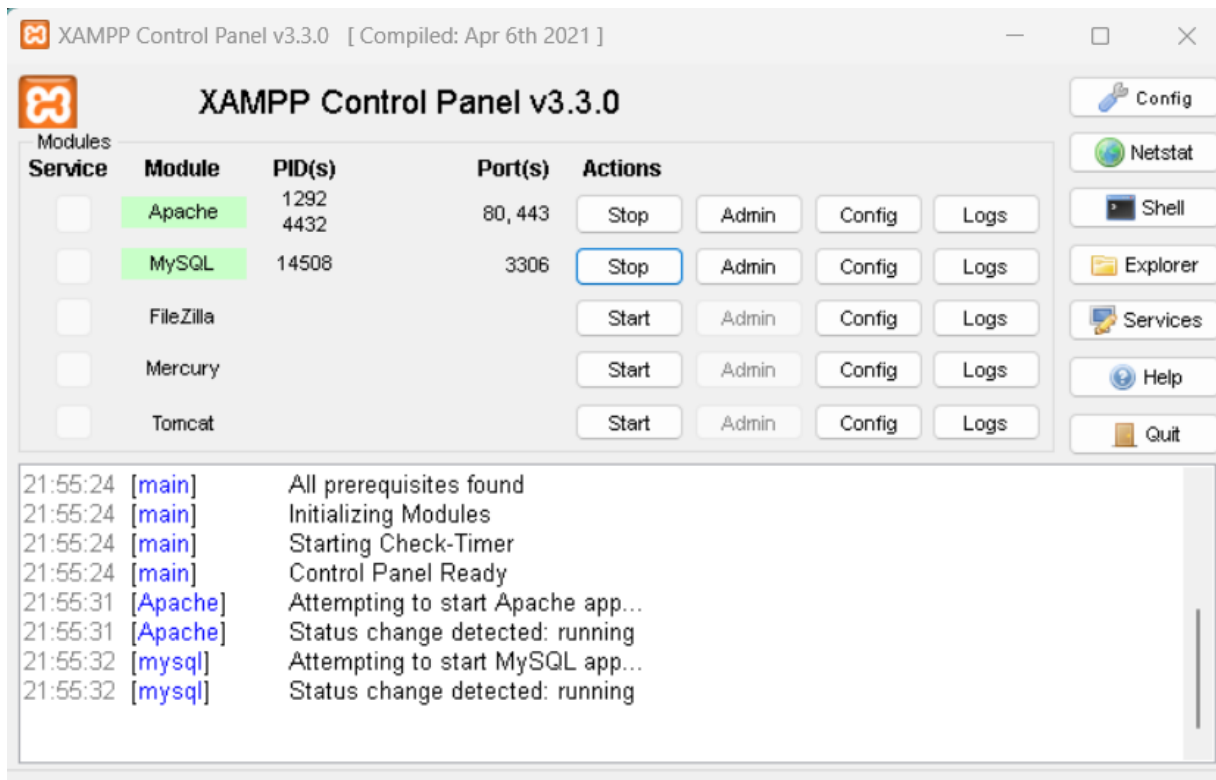
**Figura 43.** Dirección del servidor para la comunicación

Posterior a eso creamos el archivo de conexión con la finalidad de crear una comunicación POST en donde los datos obtenidos por los sensores sean enviados a una base de datos, para esto se creará un archivo tipo hp en donde se realice la comunicación entre el archivo el servidor y la base de datos, como se muestra en la figura 44

```
test_data2.php
1 <?php
2 $servername = "localhost"; // Servidor de MySQL (localhost si es XAMPP)
3 $username = "root"; // Usuario de MySQL
4 $password = ""; // Contraseña de MySQL (en XAMPP normalmente es vacío)
5 $dbname = "esp32"; // Nombre de la base de datos
6
7 // Crear conexión
8 $conn = new mysqli($servername, $username, $password, $dbname);
9
10 // Verificar la conexión
11 if ($conn->connect_error) {
12     die("Conexión fallida: " . $conn->connect_error);
13 }
14
15 // Verificar si se recibieron todos los datos necesarios
16 if (isset($_POST['nivelAgua']) && isset($_POST['caudalEntrada']) && isset($_POST['caudalSalida'])) {
17     // Recoger datos enviados por el ESP32
18     $nivelAgua = $_POST['nivelAgua'];
19     $caudalEntrada = $_POST['caudalEntrada'];
20     $caudalSalida = $_POST['caudalSalida'];
21
22     // Preparar consulta SQL para insertar los datos
23     $sql = "INSERT INTO datos2_tanque (nivel_agua, caudal_entrada, caudal_salida)
24         VALUES ('$nivelAgua', '$caudalEntrada', '$caudalSalida')";
25
26     // Ejecutar la consulta
27     if ($conn->query($sql) === TRUE) {
28         echo "Datos guardados correctamente";
29     } else {
30         echo "Error: " . $sql . "<br>" . $conn->error;
31     }
32 } else {
33     // Si faltan datos en la solicitud
34     echo "Faltan parámetros";
35 }
36
37 // Cerrar la conexión
38 $conn->close();
39 ?>
```

**Figura 44.** Archivo de conexión y envío de datos

Estos datos están siendo enviados a una tabla llamada datos\_tanque2, en donde se enviará información como nivel del agua, caudal de entrada y salida posteriormente dar a conocer puntos óptimos y puntos críticos de los niveles de agua dentro del sistema para ello se hará la instalación de XAMPP en donde levantaremos nuestro servicio de apache y MySQL.



**Figura 45.** Levantamiento de servicios en XAMPP

Creamos nuestra tabla y creamos los atributos de dicha tabla, aquí almacenaremos todos los datos recolectados por los sensores del sistema IoT.



**Figura 46.** Creación de Tabla de almacenamiento de datos

Una vez creada la comunicación entre nuestro hardware IoT y establecer la base de datos con los atributos necesarios procedemos hacer uso de Grafana nuestra herramienta Open source en donde generamos las vistas para nuestro monitoreo.

Descargamos el instalador de la herramienta.

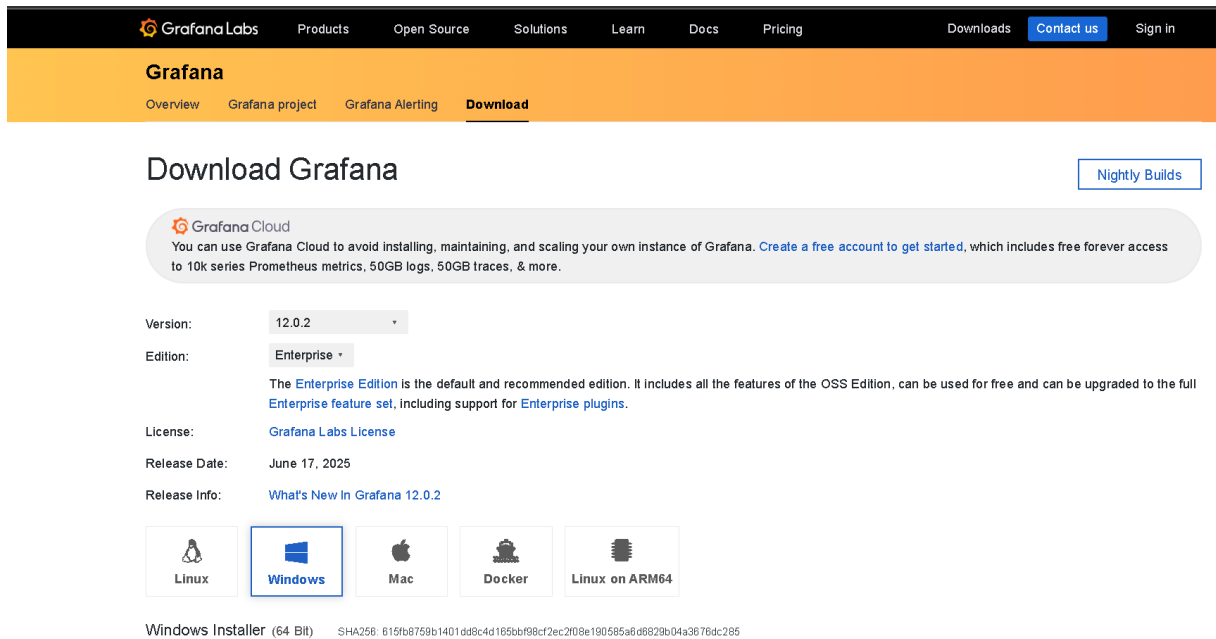


Figura 47. Instalador de Grafana

Se nos muestra el inicio del dashboard en blanco, para ello creamos un rol para poder administrar nuestra herramienta para ello se crea el usuario administrador y uno para visualización.

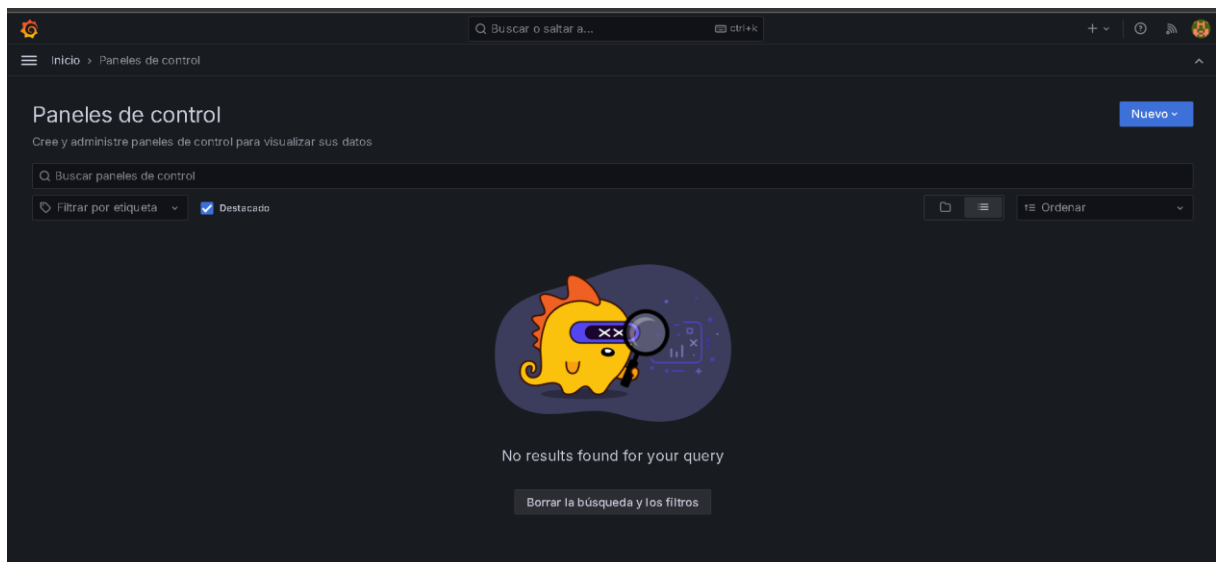



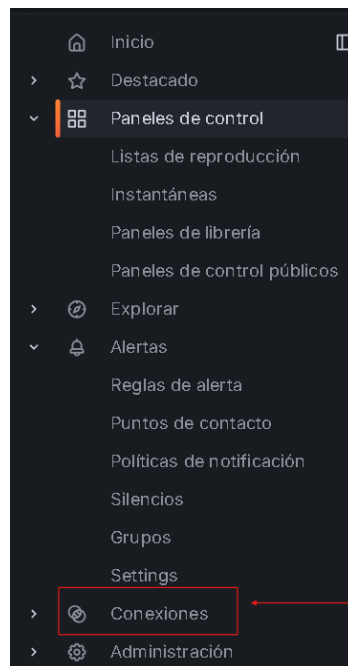


Figura 48. Inicio del dashboard

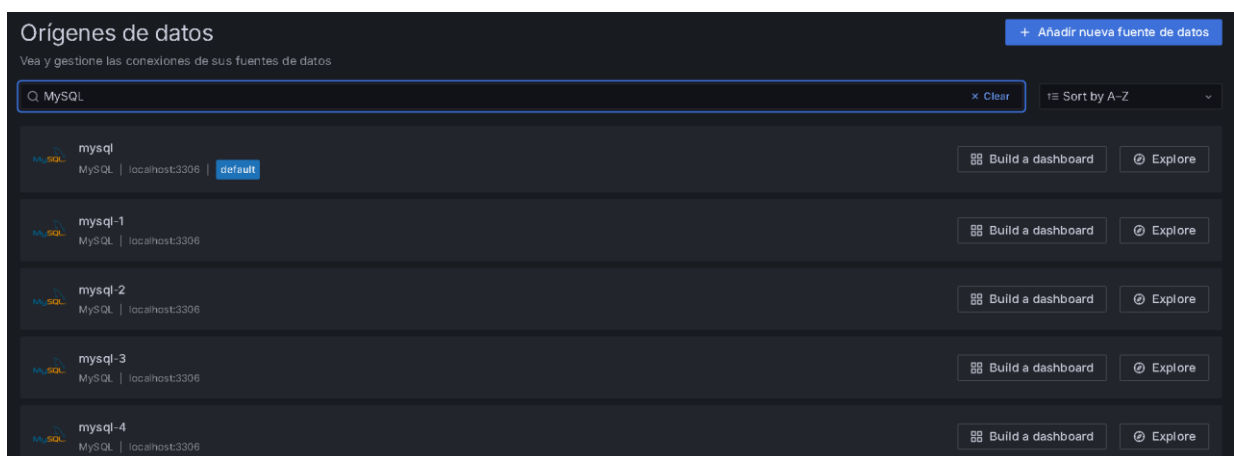
Login	Email	Name	Belongs to	Licensed role
 admin	admin@localhost		Main Org. 	Admin/editor
 stiven	stiven@gmail.com	Stiven	Main Org.	Viewer

**Figura 49.** Usuarios del dashboard

Vamos a establecer los recursos para lograr conectar nuestra base de datos con el dashboard para ello nos vamos a conexiones y nos vamos a rigen de datos para buscar el tipo de base de datos en donde nos abre el panel de bases de datos.

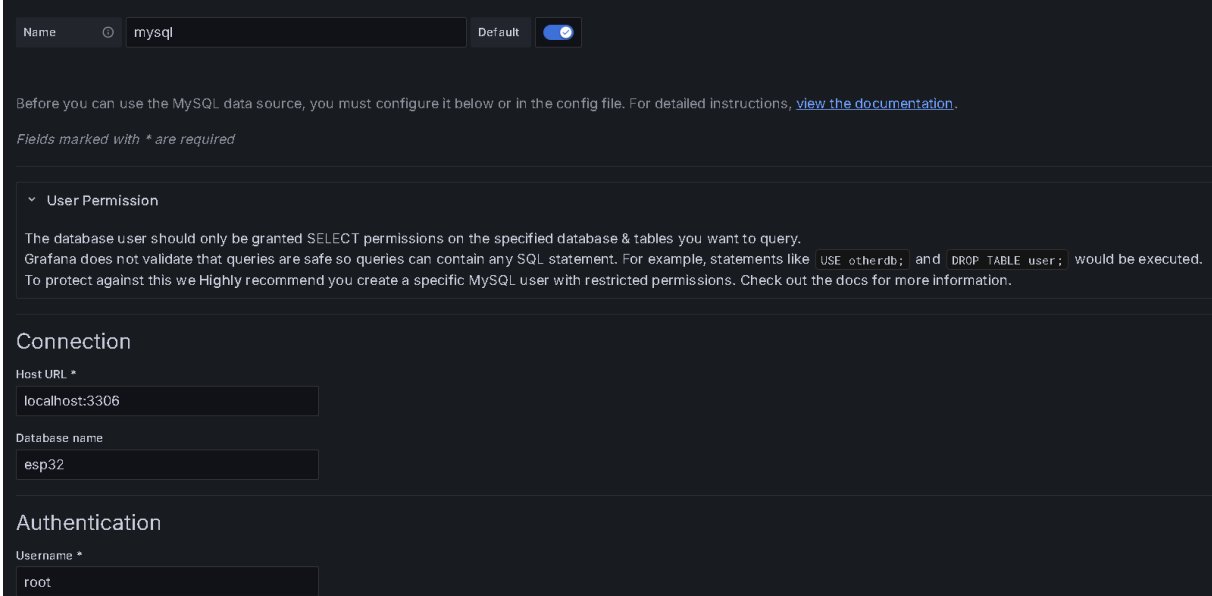


**Figura 50.** Panel de herramientas



**Figura 51.** Panel Origen de Datos

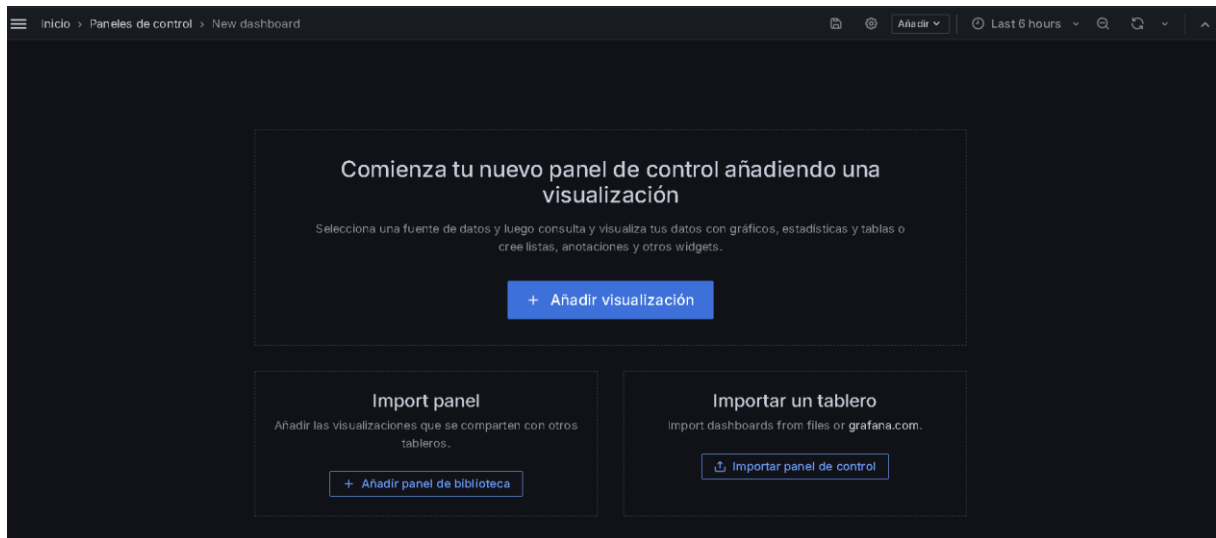
Colocamos la dirección de nuestro servidor y el nombre de la base de datos a usar, posteriormente a eso colocamos las credenciales para el ingreso a la base de datos tanto usuario como password.



The screenshot shows the configuration interface for a MySQL data source in Grafana. At the top, the 'Name' field is set to 'mysql' and the 'Default' toggle is turned on. Below this, there is a warning message: 'Before you can use the MySQL data source, you must configure it below or in the config file. For detailed instructions, [view the documentation](#).' A note states 'Fields marked with \* are required'. The 'User Permission' section explains that the database user should only have SELECT permissions and provides an example of a dangerous query: 'USE otherdb; and DROP TABLE user;'. The 'Connection' section contains two input fields: 'Host URL \*' with the value 'localhost:3306' and 'Database name' with the value 'esp32'. The 'Authentication' section has a 'Username \*' field with the value 'root'.

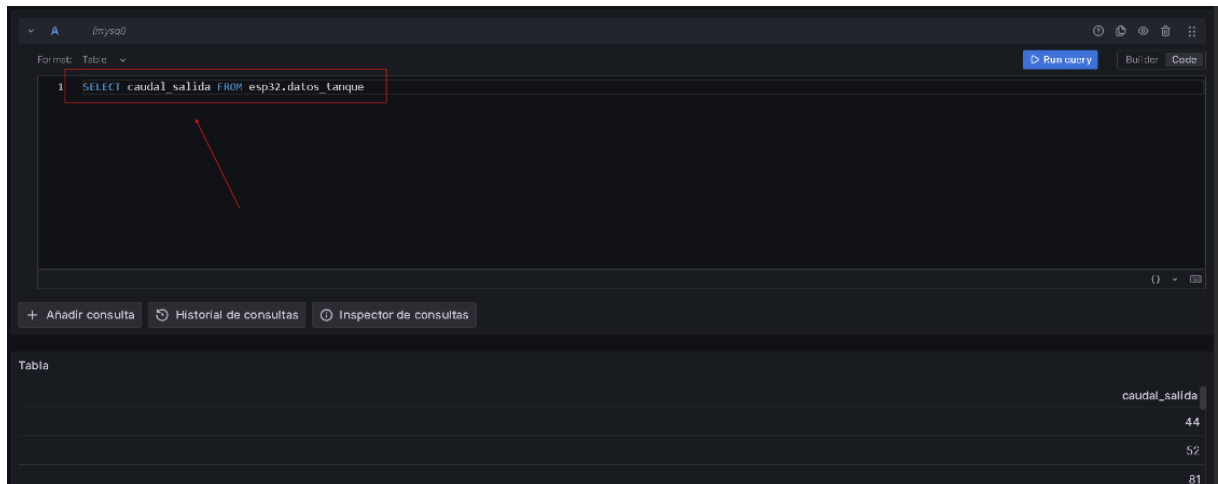
**Figura 52.** Parámetros de conexión

Seleccionamos el apartado de crear nuevo dashboard y añadir visualización en donde crearemos los diferentes queries, en donde cada query tendrá la instrucción de que información traer de la base de datos.

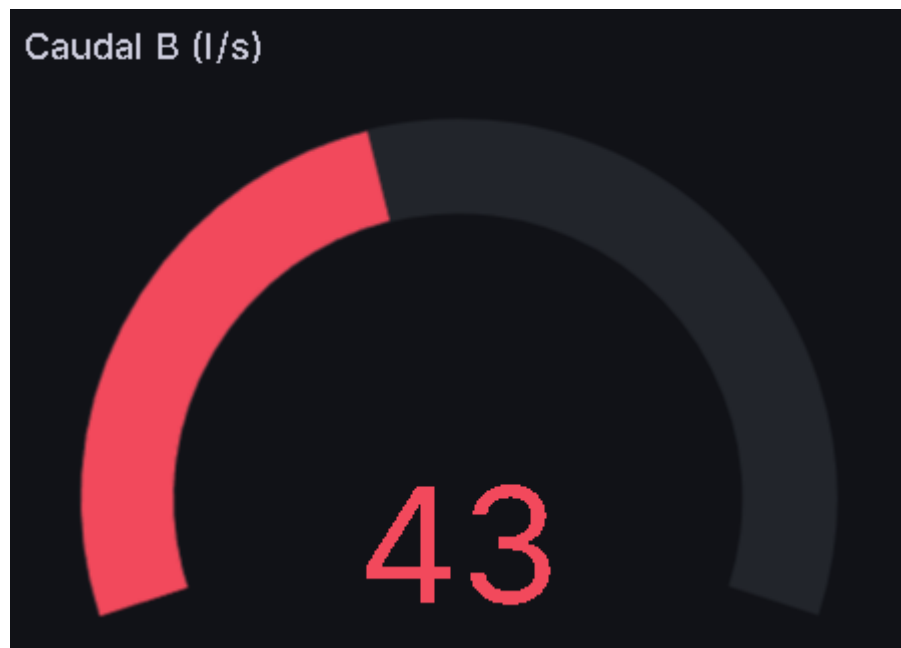


**Figura 53.** Inicio de visualización del dashboard

Entonces creamos lo queries como se muestra en la figura 54 y se crea la vista de la petición de la query, tomar en cuenta que al momento de generar la query esta debe estar con la sintaxis adecuada para poder realizar dicha consulta para que muestre la gráfica.



**Figura 54.** Creación de query para la visualización



**Figura 55.** Figura de petición por query

Entonces cada elemento a mostrar en nuestro dashboard tiene que hacer la petición mediante el uso de query, para cada uno se implementa las diferentes queries ya sea caudal de entrada o salida y nivel. Dando como resultado el dashboard final para su evaluación y toma de decisiones.



Figura 56. Dashboard de monitoreo