



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
TELEMETRÍA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y RESERVORIOS DE
AGUA POTABLE EN PIÑAS

ROMERO AÑAZCO JOSE FERNANDO
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2023



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
TELEMETRÍA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y
RESERVORIOS DE AGUA POTABLE EN PIÑAS

ROMERO AÑAZCO JOSE FERNANDO
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2023



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TELEMETRÍA EN LA
PLANTA DE TRATAMIENTO Y RESERVIOS DE AGUA POTABLE EN PIÑAS

ROMERO AÑAZCO JOSE FERNANDO
INGENIERO CIVIL

AGUIRRE MORALES FREDY ALEJANDRO

MACHALA, 27 DE FEBRERO DE 2023

MACHALA
27 de febrero de 2023

Propuesta de Implementación de un Sistema de Telemetría en la Planta de Tratamiento y Reservorios de Agua Potable en Piñas

por Romero Añazco Romero Añazco

Fecha de entrega: 22-feb-2023 11:32a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2020511991

Nombre del archivo: lanta_de_Tratamiento_y_Reservorios_de_Agua_Potable_en_Pi_as.docx (1.03M)

Total de palabras: 4887

Total de caracteres: 24911

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, ROMERO AÑAZCO JOSE FERNANDO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Propuesta de Implementación de un Sistema de Telemetría en la Planta de Tratamiento y Reservorios de Agua Potable en Piñas, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 27 de febrero de 2023

J. Fernando Romero

ROMERO AÑAZCO JOSE FERNANDO
0704185735

Propuesta de Implementación de un Sistema de Telemetría en la Planta de Tratamiento y Reservorios de Agua Potable en Piñas

por Romero Añazco Romero Añazco

Fecha de entrega: 22-feb-2023 11:32a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2020511991

Nombre del archivo: lanta_de_Tratamiento_y_Reservorios_de_Agua_Potable_en_Pi_as.docx (1.03M)

Total de palabras: 4887

Total de caracteres: 24911

Propuesta de Implementación de un Sistema de Telemetría en la Planta de Tratamiento y Reservorios de Agua Potable en Piñas

INFORME DE ORIGINALIDAD

3%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

< 1%

★ www.mayoclinic.org

Fuente de Internet

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de titulación a mi familia que han sido pilar fundamental en mi vida y por supuesto en el transcurso de mi carrera profesional, por ser mi mayor inspiración y no dejarme desvanecer en el camino. Se lo debo todo a ellos, por sus esfuerzos diarios para poder culminar mis estudios universitarios y por siempre brindarme la fuerza necesaria para sobrellevar los obstáculos que se interponían en mi camino.

De manera especial quiero dedicárselo a mi querida madre quien ha sido mi compañera, mi consejera y amiga durante toda mi vida y que sin ella no hubiera podido lograr este objetivo.

Romero Añazco José Fernando

AGRADECIMIENTO

Primeramente, quiero agradecer a Dios por la vida, la salud y la sabiduría que me han permitido llegar hasta esta etapa de mi vida y por permitirme haber cumplido unas de mis metas más anheladas.

A mis padres, Fernando Romero y Marelys Añazco por su infinito apoyo durante mi carrera universitaria por ser los gestores de mi vida, por nunca haber dejado de confiar en mí y más aún por haberme impulsado en todo momento e hicieran que mi meta dejara de ser inalcanzable.

Por ultimo y no menos importante un agradecimiento fraterno a la Universidad Técnica de Machala por haberme permitido formarme como ser humano y profesional, con sus valores y enseñanzas con el objetivo de forjar mejores profesionales, a mis docentes por haberme otorgado sus conocimientos durante estos años de carrera, siendo base fundamental para mi formación como profesional.

Romero Añazco José Fernando

RESUMEN

Según el informe presentado por las Naciones Unidas en lo que respecta al desarrollo de los recursos hídricos a nivel mundial, para el año 2050, más de la mitad de la población del mundo enfrentará un gran déficit de agua. Para prevenir esta escasez, es importante administrar los recursos hídricos de manera más responsable, por lo que en la presente investigación se plantea el objetivo de analizar la implementación de un sistema de telemetría en la Planta de Tratamiento y Reservorios de Agua Potable en Piñas, así como la colocación de dispositivos esenciales como macromedidores, válvulas de control de nivel, sensor de turbiedad en puntos estratégicos del sistema. También se realizó una comparación entre el Sistema SCADA y telemetría propia con tecnología Arduino para determinar cuál resultaría más viable de ejecutar. En conclusión, se presenta una propuesta para el mejoramiento y optimización del sistema de agua potable de Piñas. La implementación de una tecnología de bajo costo permitirá una reducción considerable del porcentaje de pérdidas y un mejor control de la calidad del agua. Esta propuesta está encaminada a mejorar la calidad y eficiencia del sistema, haciendo que el suministro de agua potable sea constante y confiable para los usuarios. Resulta fundamental destacar que esta solución contribuirá considerablemente a la sostenibilidad y seguridad del sistema de agua para la ciudad de Piñas.

Palabras clave: telemetría, agua potable, automatización, planta de tratamiento, reservorios.

ABSTRACT

According to the report presented by the United Nations regarding the development of water resources worldwide, by the year 2050, more than half of the world's population will face a large water deficit. To prevent this scarcity, it is important to manage water resources in a more responsible way, so in the present investigation the objective is to analyze the implementation of a telemetry system in the Treatment Plant and Drinking Water Reservoirs in Piñas, as well as such as the placement of essential devices such as macrometers, level control valves, and turbidity sensor at strategic points in the system. A comparison was also made between the SCADA System and its own telemetry with Arduino technology to determine which would be more viable to execute. In conclusion, a proposal is presented for the improvement and optimization of the drinking water system of Piñas. The implementation of a low-cost technology will allow a considerable reduction in the percentage of losses and a better control of water quality. This proposal is aimed at improving the quality and efficiency of the system, making the supply of drinking water constant and reliable for users. It is essential to highlight that this solution will contribute considerably to the sustainability and safety of the water system for the city of Piñas.

Keywords: telemetry, drinking water, automation, treatment plant, reservoirs.

ÍNDICE

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
RESUMEN	III
ABSTRACT.....	IV
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo General	2
1.2 Objetivos Específicos.....	2
2 GENERALIDADES DEL OBJETO DE ESTUDIO.....	2
2.1 Antecedentes	2
2.1.1 Perdidas de Agua	2
2.1.2 Internet de las cosas	2
2.1.3 Arduino	3
2.1.4 Ubidots.....	3
2.2 Situación del Problema	3
2.3 Justificación del Problema	4
3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE	5
3.1 Tanque rompe presión repartidor.....	5
3.2 Planta de tratamiento Piñas Grande	5
3.3 Planta de tratamiento San Roquito.....	6
3.4 Redes de distribución de Agua Potable.....	6
3.4.1 Red No.1 Zona Central	6
3.4.2 Red No.2 Zona Media.....	7
3.4.3 Red No.3 Piñas Grande.....	7
3.4.4 Red No.4 San Roquito	7
3.5 Número de usuarios por categoría y rangos de consumo.....	8

3.6	Tanques de reserva existentes	8
4	TECNOLOGÍAS QUE APLICAN TELEMETRÍA EN INFRAESTRUCTURA HÍDRICA.....	11
4.1	Sistema de Control, Supervisión y Adquisición de datos	11
4.2	Hardware SCADA	11
4.3	Software SCADA.....	12
4.4	Telemetría con Arduino	13
5	PROPUESTA DE MEJORAMIENTO	14
5.1	Primer Punto - Planta de tratamiento	14
5.2	Segundo Punto – Tanques de Reserva	15
5.3	Tercer Punto – Sistema de Telemetría	16
5.4	Costo Estimado de la Propuesta.....	17
6	CONCLUSIONES.....	19
7	BIBLIOGRAFÍA.....	20
8	ANEXOS.....	21

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.	Planta de Tratamiento Piñas Grande Q=60 l/s.....	5
Ilustración 2.	Floculadores - Situación actual.....	6
Ilustración 3.	Sedimentadores - Situación actual.....	6
Ilustración 4.	Redes de Distribución Agua Potable Total de la ciudad de Piñas	7
Ilustración 5.	Esquema Tanques de Reserva.....	8
Ilustración 6.	Arquitectura Básica de un Sistema SCADA.....	13
Ilustración 7.	Macromedidor Electromagnético	14
Ilustración 8.	Válvula control de nivel.....	16

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de usuarios del Sistema de Agua Potable	8
Tabla 2. Costo Estimado de los Materiales.....	17

1. INTRODUCCIÓN

La industria de infraestructura hídrica está enfrentando desafíos cada vez mayores en relación con la gestión sostenible del agua. El aumento poblacional y las necesidades de agua requieren una gestión más eficiente. Por lo tanto, se necesita emplear tecnologías y modelos avanzados de gestión.

En los últimos años, se ha registrado un aumento en el requerimiento de agua, lo que ha traído consigo mayor riesgo de contaminación y una escasez crítica en muchas regiones del planeta.[1]

El Banco Mundial en el año 2013 en lo referente al contexto Latinoamericano, estimó que alrededor del 45% del agua producida no se facturó.[2] El caso ecuatoriano no fue la excepción ya que el porcentaje de agua que no se registra o no se factura ha aumentado en los últimos 4 años en un 5,23%, según la ARCA. En el año 2019, este porcentaje alcanzó el 48.20%. Los diferentes problemas de las empresas públicas municipales al brindar este servicio, junto con los robos y las fugas de agua, causan que se pierdan millones de metros cúbicos. La ARCA estima que las pérdidas representan unos 320 millones de dólares anuales.

Esta investigación se lleva a cabo debido a la gran cantidad de agua que se pierde en la ciudad de Piñas por la falta de control en el ingreso y salida, ya sea en la planta de tratamiento de agua potable como en los tanques de reserva, esto incluye problemas como rebose de los reservorios, falta de registro de información necesario para el tratamiento, agua no facturada y otros problemas similares.

Tras haber identificado el problema, se puede analizar con más detalle dónde surge la pregunta sobre la posibilidad de plantear un sistema de telemetría para controlar y monitorear los datos tanto en la planta de tratamiento como en los reservorios de la ciudad, para lo cual es necesario la colocación de dispositivos primordiales en sectores estratégicos del sistema.

Actualmente, la falta de estos dispositivos necesarios para controlar y asegurar que se está cumpliendo con las necesidades del sistema y que no se esté desperdiciando agua tiene que ver con macromedidores, válvulas de control de nivel, sensores de turbidez.

1.1 Objetivo General

Analizar la implementación de un sistema de telemetría en la Planta de Tratamiento y Reservorios de Agua Potable en Piñas.

1.2 Objetivos Específicos

- Determinar el estado actual del sistema de agua potable de la ciudad de Piñas mediante visita a las instalaciones para constatar su funcionamiento.
- Presentar una propuesta de mejoramiento y optimización mediante el uso de la telemetría en la planta de tratamiento y reservorios para reducir el porcentaje de pérdidas de agua y control de calidad del agua.

2 GENERALIDADES DEL OBJETO DE ESTUDIO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Perdidas de Agua

Se refieren a la diferencia entre la cantidad de agua calculada al entrar al sistema y la cantidad suministrada a los usuarios. Estas pérdidas tienen un impacto económico, ya que pueden aumentar los costos de producción de agua y disminuir los ingresos operativos.

El control de la cantidad de agua que se pierde en el sistema de distribución es crucial para su operación eficiente. Una política adecuada de reducción de pérdidas puede aumentar la eficacia del sistema de suministro de agua y disminuir los costos asociados con la incorporación de nuevos sistemas.[3]

Es complicado imaginar un sistema de agua potable sin pérdidas, ya que incluso aquellos que funcionan y se mantienen en óptimas condiciones experimentan fugas, pero en proporción a los esfuerzos realizados para abordar este problema.[4]

2.1.2 Internet de las cosas

También conocido como IoT, es un sistema tecnológico que hace posible la conexión entre dispositivos físicos como artículos de consumo, autos, casas, entre otros; esto gracias a la incorporación de electrónica como son los actuadores, sensores, software y sistemas de conexión. Con ello, estos objetos pueden recoger y transmitir información de manera remota para su análisis. La tecnología IoT resulta fundamental para comprender

el termino de ciudades inteligentes ya que permite hacer uso más eficiente de los recursos y brindar servicios a los habitantes para que mejoren su bienestar.[5]

2.1.3 Arduino

Es un sistema tecnológico que combina software y hardware para crear soluciones innovadoras. Es una empresa de hardware y código abierto que permite a los usuarios acceder y utilizar la electrónica y la informática para desarrollar sistemas. De la misma manera que una computadora, una placa de Arduino tiene la capacidad de realizar muchas funciones diferentes por lo que requiere entrada como salida de datos para aprovechar al máximo su potencial.[6]

2.1.4 Ubidots

El servicio de Ubidots es una opción gratuita para desarrolladores que les permite crear un ambiente de Cloud computing accesible y confiable, que se integra en un ecosistema del internet de las cosas. Ubidots se centra en ofrecer soluciones conectadas de software y hardware para el monitoreo, control y automatización de procesos a distancia en múltiples sectores como la industria, sector sanitario, servicios públicos, energía, movilidad. Con esto, se busca que los desarrolladores puedan crear aplicaciones desde las más simples hasta las más complejas.[7]

2.2 Situación del Problema

El sistema de agua potable de Piñas actualmente no cuenta con una tecnología para el control, monitoreo y automatización en tiempo real de parámetros como caudal y nivel de turbiedad a la entrada de la planta de tratamiento; información que es importante para controlar los procesos de tratamiento y asegurar la calidad del agua. El caudal determina la cantidad de agua que se está recibiendo y, por lo tanto, la cantidad de productos químicos, como el cloro, que se deben agregar para lograr los niveles deseados de potabilidad.

Con esta información si los niveles de turbiedad son demasiado altos, se puede tomar la decisión de cerrar el paso de agua a la entrada de la planta para proteger la integridad del sistema y prevenir la contaminación del agua ya tratada.

Otro de los grandes problemas tiene que ver con las pérdidas de aguas, de acuerdo a la evaluación realizada por el MIDUVI se ha determinado que existe una pérdida del 46 %, lo que indica la presencia de fugas en las tuberías de distribución, una mala

contabilización de agua, reboses de agua por exceso en el ingreso a los tanques, conexiones clandestinas, resultando en un servicio insuficiente.

Controlar estas pérdidas resulta fundamental porque disminuye los gastos y mejora la eficiencia del sistema, evita desperdiciar el agua y aumenta la disponibilidad del suministro para la población.

2.3 Justificación del Problema

El aumento de la población es directamente proporcional al consumo de agua por lo que cada día se puede notar que es más difícil la obtención y distribución eficiente de la misma. Se estima que a nivel mundial las pérdidas en las redes de agua potable obedecen a rangos de entre el 20 al 60%, esto debido a fugas; por lo que resulta fundamental la implementación de tecnologías remotas para el monitoreo de este recurso tan valioso y vital para la supervivencia del hombre.

El desarrollo de este trabajo surge de la necesidad de conocer y analizar las nuevas tecnologías que aplican telemetría y que a través de ellas permitan a la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Piñas prestadora de este servicio, mejorar el sistema de red de agua potable mediante la automatización y control constante de los datos a distancia ya sean estos caudales, presiones, nivel de agua en reservorios, parámetros de calidad, etc. De igual manera facilitar la operación y mantenimiento, reducir pérdidas de agua, minimizar costos y la toma de decisiones importantes con información rápida y precisa.

3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

3.1 Tanque rompe presión repartidor

Este tanque se ubica a una distancia de 72.50 metros desde la estación de tratamiento en una altitud de 1249.79 metros, donde se juntan las aguas crudas de las fuentes La Chiral, las Chontas, el Palmal, Honda. El tanque se alimenta mediante 3 tuberías, la primera es de AC 6 pulgadas, la segunda es de PVC 200mm y la tercera es de Polietileno de 2 pulgadas, con un caudal de 67.60 l/s para su tratamiento.

La tubería bifurcada a partir del tanque mencionado, tiene una longitud de 2233 metros y está compuesta por dos tipos de tuberías de PVC, una de 110 mm de diámetro y 2022 metros de longitud, y otra de 90 mm de diámetro y 211 metros de longitud. Esta tubería se utiliza para suministrar agua a la Planta de Tratamiento San Roquito, con una capacidad de conducción de 7.60 l/s. También, se han instalado dos tuberías adicionales de PVC 200mm de 105 metros de longitud para alimentar la Planta de Tratamiento Piñas Grande, con una capacidad de conducción de 60 l/s.

3.2 Planta de tratamiento Piñas Grande

La Planta de Tratamiento principal en la ciudad de Piñas se encuentra en el sector de Piñas Grande y tiene una capacidad de tratamiento de 60 l/s. Esta planta está ubicada en la cota 1240.75 msnm y cuenta con 2 unidades de floculación horizontal, 2 sedimentadores, 4 filtros rápidos de flujo descendente, una caseta de cloración, una casa de químicos y un tanque de contacto-reserva de 80 m³. Actualmente, la planta de tratamiento se encuentra funcionando en buenas condiciones.

Ilustración 1. Planta de Tratamiento Piñas Grande Q=60 l/s



Fuente: Autor

Ilustración 2. Floculadores - Situación actual



Fuente: Autor

Ilustración 3. Sedimentadores - Situación actual



Fuente: Autor

3.3 Planta de tratamiento San Roquito.

La planta de tratamiento en cuestión se sitúa en una altitud de 1236.48 metros sobre el nivel del mar y se encarga de tratar las aguas del tanque de presión con un caudal de 7.60 l/s. Esta planta consta de dos filtros lentos de flujo descendente con un área de filtración de 150 metros cuadrados, una cámara de válvulas, una caseta de cloración con un sistema de desinfección con HTH. A una distancia de 182 metros al sur de la planta, se encuentra un tanque de reserva con una capacidad de 200 metros cúbicos, ubicado a una altitud de 1221.48 metros, el cual se encuentra en buenas condiciones, este cuenta con un cierre de malla.

3.4 Redes de distribución de Agua Potable

3.4.1 Red No.1 Zona Central

Es la red de distribución más importante de la ciudad de Piñas y su volumen de reserva se compone de dos unidades, la antigua planta de tratamiento y un tanque colindante con

una capacidad de 400 m³, lo que suma un volumen total de 1613 m³. Está constituida por tuberías PVC y PEAD en diámetros de 315,250,200,160,110,90 y 63 mm con presión de trabajo de 1.00 MPa/ 10Bar.

3.4.2 Red No.2 Zona Media

Es para la zona central-norte y está conformada por dos tanques de almacenamiento, uno de 300 m³ y otro de 800 m³. Esta red tiene límites definidos por la gasolinera y la calle Juan Montalvo y es responsable del suministro de agua potable a esa área. Está constituida por tuberías PVC y PEAD en diámetros de 315,250,200,160,110,90 y 63 mm con presión de trabajo de 1.00 MPa/ 10Bar.

3.4.3 Red No.3 Piñas Grande

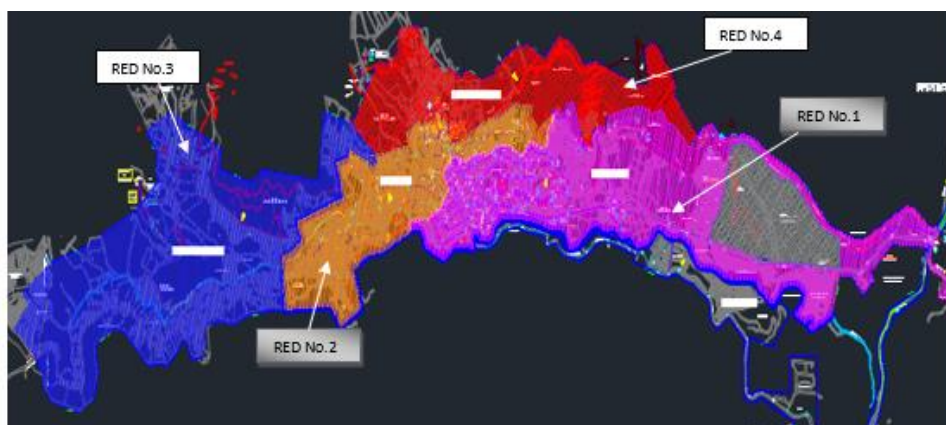
El principal centro de reserva de esta red la constituye el tanque localizado en la Planta de Tratamiento de volumen 80 m³, esta red provee servicios de agua potable a la zona norte, desde la entrada de la ciudad hasta la gasolinera. Está constituida por tuberías PVC en diámetros 63,50 y 40 mm con presión de trabajo de 1.25 y 1.60 MPa.

3.4.4 Red No.4 San Roquito

Es responsable de abastecer la zona alta de la ciudad de Piñas, su principal fuente de almacenamiento es un tanque de 200m³ ubicado cerca de la planta de tratamiento en San Roquito. Está constituida por tuberías PVC en diámetros de 90,63,60,40,32 y 25 mm.

El sistema de redes está configurado de la siguiente manera:

Ilustración 4. Redes de Distribución Agua Potable Total de la ciudad de Piñas



Fuente: Autor

3.5 Número de usuarios por categoría y rangos de consumo

Se presenta la tabla de los usuarios conectados al sistema de Agua Potable:

Tabla 1. Número de usuarios del Sistema de Agua Potable

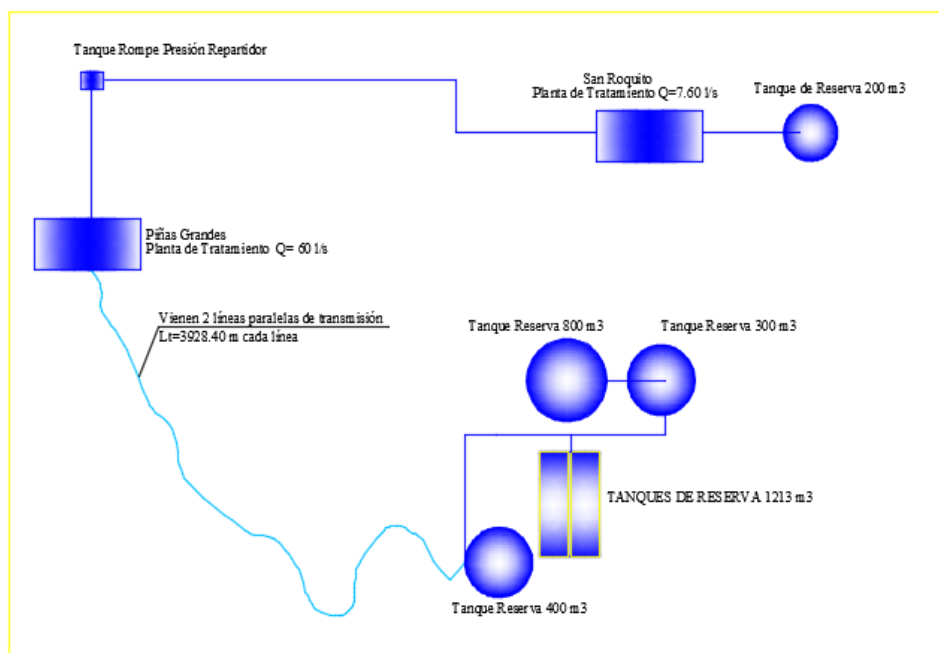
SISTEMA DE AGUA POTABLE CIUDAD DE PIÑAS						
CONSUMO M3	NUMERO DE USUARIOS POR CATEGORIA				TOTAL DE USUARIOS POR CONSUMO	PORCENTAJE
	RESIDENCIAL	COMERCIAL	INDUSTRIAL	OFICIAL MEDIA		
0-15	1140	21	1	7	1169	30,86%
16-30	1736	26		5	1767	32,33%
31-50	849	26		1	876	19,98%
51-100	421	24		1	446	13,28%
MAS DE 100	101	10	1	4	116	3,54%
				TOTAL	4374	100,00%

Fuente: EPAA-PIÑAS

3.6 Tanques de reserva existentes

Todos los tanques su estructura es de hormigón armado y presentan las características que se detallan a continuación:

Ilustración 5. Esquema Tanques de Reserva



Fuente: Autor

Tanque Piñas Grande

$V=80 \text{ m}^3$. Cota=1240.75 msnm

De la planta de tratamiento salen dos líneas de transmisión con una longitud total de 3928.40 m cada una para las reservas centrales y presentan las siguientes características:

Línea de Transmisión 1:

Caudal máximo de 20.36 l/s

1890 m de PVC 160 mm y 2038.40 m de PVC 110 mm–1.25 MPa

Línea de Transmisión 2:

Caudal máximo de 66.97 l/s

350 m de PVC 250 mm– 0.63 MPa, 840 m de PVC 200 mm–0.80 MPa, 1280 m de PVC 200 mm–1.00 MPa y 1458.40 m de PVC 200 mm–1.25 MPa.

Tanque San Roquito

$V=200 \text{ m}^3$. Cota=1221.48 msnm

Tubería de Ingreso PVC 110 mm

Tubería de Salida HG 4"

Tubería de Desagüe- Desborde HG 4"

Tanque Zona Media Piñas

Se encuentra ubicado en la parte alta de la ciudad en el Barrio Güiricuña entre las calles Fulvio Gallardo y Ancisar Aguilar.

Existen dos tanques de reserva con las siguientes características:

$V=300 \text{ m}^3$. Cota=1112.80 msnm

Tubería de Ingreso PVC 160 mm

Tubería de Salida PVC 315 mm

Tubería de Desagüe- Desborde PVC 200 mm

$V=800 \text{ m}^3$. Cota=1112.80 msnm

Tubería de Ingreso PVC 160 mm

Tubería de Salida PVC 315 mm

Tubería de Desagüe- Desborde PVC 250 mm

Tanque Zona Central

Se encuentra ubicado en la parte alta de la ciudad en el Barrio Güiricuña entre las calles Padre Ángel Tinoco Ruiz y Ancisar Aguilar.

En este lugar se ubicaba la antigua planta de tratamiento de la ciudad, la cual quedo fuera de operación. Actualmente es utilizada como tanques de reserva, a continuación, se describe sus volúmenes de almacenamiento:

Cota=1085.00 msnm

$V1=352.27 \text{ m}^3$ - reserva sedimentadores

$V2=83.72 \text{ m}^3$ - reserva filtros

$V3=2 \times 388.50=777.00 \text{ m}^3$ - reservas rectangulares

Volumen total $V1+V2+V3=1213 \text{ m}^3$.

Tubería de Ingreso PVC 250 mm

Tubería de Salida PVC 315 mm

Tubería de Desagüe- Desborde PVC 250 mm

Tanque de Reserva colindante con antigua planta de tratamiento

$V=400 \text{ m}^3$. COTA=1085.00msnm

Tubería de Ingreso PVC 110 mm

Tubería de Salida PVC 160 mm

Tubería de Desagüe- Desborde PVC 160 mm

4 TECNOLOGÍAS QUE APLICAN TELEMETRÍA EN INFRAESTRUCTURA HÍDRICA

La ONU en su objetivo número seis de desarrollo sostenible propone asegurar la gestión y disponibilidad del agua, así mismo el saneamiento ambiental para el 2030 [8]; para lograrlo, se requiere incorporar herramientas de la Cuarta Revolución Industrial (4RI).

En general cuando se refiere a 4RI cubre varias tecnologías como AI, Medición inteligente ya sea Lectura (AMR) o Infraestructura (AMI) de medición automatizada, Seguridad Cibernética, Computación en la Nube, SCADA, Internet de las cosas, entre otros; la llave de todo esto se conoce como gestión del cambio. La tecnología Inteligente que se analizara hace referencia al Sistema SCADA.[9]

4.1 Sistema de Control, Supervisión y Adquisición de datos

Los sistemas SCADA son una herramienta de software diseñada para supervisar y controlar procesos industriales. A través de estos sistemas, se puede comunicar con los equipos de campo para automatizar el control del proceso. Una de sus principales ventajas es que es fácil de usar ya que su configuración se puede modificar según las necesidades del usuario.[10]

Los sistemas SCADA pueden utilizar diferentes medios de comunicación para recolectar y transmitir datos, como satélite, telefonía fija o celular, radio, etc. Con una telemetría instalada, los operadores pueden configurar el sistema para que trabaje de manera automática y puedan tener acceso remoto para revisar su estado y controlarlo en cualquier momento.[11]

Para la implementación de este sistema es necesario contar con lo siguiente:

4.2 Hardware SCADA

El ordenador central (MTU) es el encargado de supervisar y recolectar la información de todas las subestaciones del sistema. Es el punto central que recopila y supervisa la información que proviene de los ordenadores que están enlazados a los instrumentos en el sitio. Sirve como punto de contacto entre el operador y el sistema, proporcionando información actualizada de las variables, manejando las alarmas y presentando la información recolectada.

Los ordenadores remotos también conocidos como RTU se encuentran en posiciones clave del sistema y tienen la tarea de administrar y controlar las subestaciones. Reciben

las lecturas de los sensores en el sitio y utilizan el software SCADA para controlar los elementos finales.

La red de comunicaciones es la encargada de manejar la información que los instrumentos en el sitio transmiten a los RTU. El tipo de canal o BUS que se emplea depende en gran medida de lo que el sistema y software necesiten.

Actualmente, sobre cualquier canal o BUS ya sean estos satélites, telefonía, entre otros se puede incorporar un SCADA.

Los instrumentos en el sitio o de campo en un sistema SCADA son los dispositivos que se encuentran en la planta y que se utilizan para recolectar información del sistema, como son alarmas y sensores, y para controlar y automatizar el sistema se usa PLC, actuadores y los controladores. Estos instrumentos de campo envían información a la red de ordenadores para su procesamiento y presentación al operador.[12]

4.3 Software SCADA

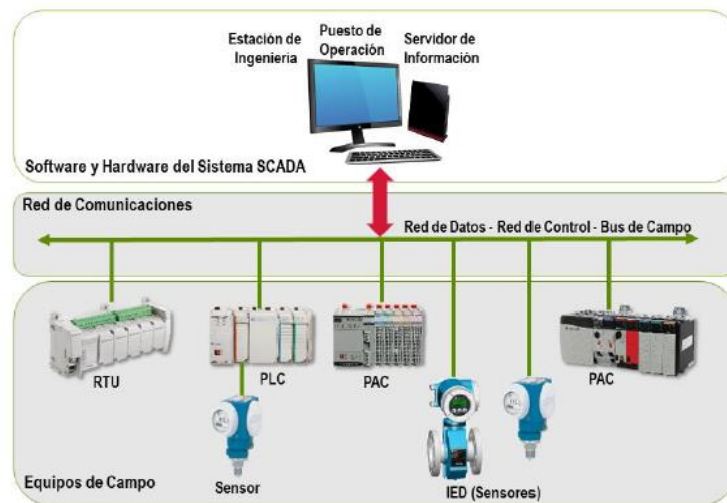
La configuración permite establecer el entorno en el que la aplicación se va a trabajar de acuerdo a las necesidades de disposición de pantallas y el nivel de accesibilidad que tendrán los usuarios.

La interfaz gráfica brinda un ambiente amigable, se representa mediante los sinópticos y permite al operador visualizar y controlar el sistema de la planta. Los sinópticos son una representación visual de la información, compuestos por un fondo estático y áreas activas que varían en forma y color en función de los valores medidos en la planta o las acciones realizadas por el operador.[13]

El módulo de procesos actúa como un intermediario entre dispositivos de campo y la interfaz gráfica del operador, proporcionando información en tiempo real para el control y la toma de decisiones. También puede incluir funciones automáticas para el control permitiendo la programación de señales de advertencia o alarmas.

La gestión y el archivo de datos es responsable de organizar y procesar la información de manera ordenada, utilizando formatos que son legibles para dispositivos de hardware externos como pueden ser impresoras y de igual manera dispositivos de software como hojas de cálculo. Esto permite que otras aplicaciones o dispositivos puedan acceder a los datos almacenados.[12]

Ilustración 6. Arquitectura Básica de un Sistema SCADA.



Fuente: SCADA el Sistema de Información para Procesos Productivos Industriales

4.4 Telemetría con Arduino

Otra alternativa factible basada en el internet de las cosas tiene que ver con un sistema de telemetría propio inteligente de bajo presupuesto con la combinación de tecnología Arduino.

Con esta tecnología los datos recopilados pueden ser visualizados en un sitio web y accesibles en cualquier lugar del planeta a través de un ordenador o en un dispositivo móvil. Las redes locales con conexión a Internet por cable o Wifi son una opción rápida para enviar los datos a través de Internet en áreas donde este servicio está disponible. La comunicación es bidireccional, lo que significa que el dispositivo puede ser reconfigurado y verificado de forma remota, reiniciado en un momento determinado y se pueden enviar mensajes de alerta a un número de teléfono móvil o correo electrónico. En zonas remotas sin cobertura de Internet, se puede utilizar la tecnología de telefonía celular de tercera o cuarta generación (3G/4G).

El servicio de Ubidots permite visualizar los datos recopilados por sensores en una página en línea accesible desde cualquier dispositivo con conexión a Internet. Ubidots es una plataforma en la nube que brinda la capacidad de analizar y almacenar la información de los sensores en tiempo real. Sin la necesidad de tener conocimientos en programación o manejo de bases de datos, se pueden desarrollar programas o aplicaciones para el Internet de las cosas. Los valores recibidos son actualizados en tiempo real en el navegador web y tienen la posibilidad de ser descargados.[14]

5 PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

De acuerdo a la información proporcionada por la empresa de agua potable de Piñas y al constatar en campo el funcionamiento del sistema de agua potable en lo que respecta a la planta de tratamiento y reservorios de la ciudad, se recomienda la implementación de los puntos que se presentan a continuación:

5.1 Primer Punto - Planta de tratamiento

Las instalaciones de tratamiento de agua son una infraestructura esencial que garantizan la demanda de agua tratada a una comunidad. Para sostener la calidad del agua, es esencial tener en tiempo real un control y vigilancia. Con el avance en las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), se ha vuelto posible monitorear en línea estos datos. Además, esto permite la optimización del uso del dispositivo mediante alarmas para detectar cualquier cambio brusco. Este sistema avanzado ofrece una alternativa para una gestión más eficiente de los operarios.[15]

Se pretende colocar un Sensor de turbiedad, y un macromedidor; estos datos son fundamentales para garantizar la correcta operación de la planta. Al conocer estos parámetros de caudal y turbiedad permite ajustar el proceso de tratamiento para garantizar la calidad del agua y cumplir con los estándares reguladores. Además, permite detectar y solucionar problemas en el suministro de agua y el rendimiento de la planta.

En lo que respecta al macromedidor electromagnético de flujo es un dispositivo que mide la cantidad de líquido que fluye a través de una tubería utilizando la Ley de Faraday. Este equipo es ampliamente utilizado en aplicaciones de carácter industrial, especialmente en procesos relacionados con el tratamiento de agua, la industria alimentaria y la medicina. Funciona mediante la medición de la conductividad del líquido que se está midiendo.[16]

A la entrada de la planta se colocará un macromedidor con las siguientes características:

Ilustración 7. Macromedidor Electromagnético



Fuente: AQUA SOFT S.A.

- DN: 300 mm
- Presión Nominal: 1 MPa
- Longitud: 450 mm
- Altura: 480 mm
- Peso: 61 kg[17]

La turbidez es esencial para determinar la calidad del agua para el consumo de los seres humanos. La apariencia turbia no solo es desagradable para el consumidor, también es un indicador de que exista contaminación con microorganismos y por sustancias tóxicas con una probabilidad mayor. Además, muestra un mayor desafío en lograr un proceso de purificación adecuado del agua.[18]

Se colocará un sensor óptico para medir la turbidez del agua en la tubería de entrada a la planta de tratamiento. Este tipo de sensor emplea un rayo luminoso para medir la cantidad de materia dispersa en el agua.

5.2 Segundo Punto – Tanques de Reserva

En la salida de los tanques de reserva se colocará un macromedidor electromagnético para contabilizar el caudal que pasa por cada punto y se distribuye a los diferentes sectores de la red de distribución.

A continuación, se describe las características de cada macromedidor acorde a la zona de acción:

- Un Macromedidor para la Zona San Roquito con DN 100 mm, PN 1.6 MPA, Longitud 250 mm, Altura 254 mm y Peso 17 kg.
- Un Macromedidor para la Zona Media con DN 300 mm, PN 1.0 MPA, Longitud 450 mm, Altura 480 mm y Peso 61 kg.
- Dos Macromedidores para la Zona Central el primero con DN 300 mm, PN 1.0 MPA, Longitud 450 mm, Altura 480 mm y Peso 61 kg. El segundo con DN 150 mm, PN 1.6 MPA, Longitud 300 mm, Altura 314 mm y Peso 28 kg.

Uno de los componentes más utilizados para regular diferentes procesos en los múltiples campos de aplicación son las válvulas de control, esta herramienta ajusta el paso de un líquido o gas, con el objetivo de corregir las variaciones y mantener los parámetros del proceso cerca al punto deseado.[19]

Se propone implementar al ingreso de cada tanque una válvula de flotador en dos niveles que es un dispositivo de control de nivel que utiliza el principio hidráulico para abrir y cerrar automáticamente según los niveles preestablecidos en el tanque de abastecimiento de agua potable. Utiliza un diafragma para activar la apertura y cierre y no tiene en cuenta las variaciones de presión.[20]

A continuación, se describe las características de cada válvula de control de nivel acorde a la zona de acción:

Ilustración 8. Válvula control de nivel



Fuente: Catalogo BERMAD

- Una Válvula para la Zona San Roquito con DN 100 mm, PN 1.6 MPA, Longitud 350 mm, Altura 320 mm y Peso 26 kg.
- Dos válvulas para la Zona Media con DN 150 mm, PN 1.6 MPA, Longitud 480 mm, Altura 390 mm y Peso 55 kg.
- Tres válvulas para la Zona Central con DN 250 mm, PN 1.6 MPA, Longitud 730 mm, Altura 597 mm y Peso 148 kg. Y la tercera con DN 100 mm, PN 1.6 MPA, Longitud 350 mm, Altura 320 mm y Peso 26 kg.

5.3 Tercer Punto – Sistema de Telemetría

Se plantea incorporar un sistema de control y monitoreo en tiempo real el cual va a estar ubicado en la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Piñas (EPAA-PIÑAS) ubicada en la Av. Héroes de Panupali haciendo uso de la telemetría con Arduino para mejorar el funcionamiento y optimización del sistema tanto en la planta de tratamiento como en los tanques de reserva.

Existen varios factores que pueden explicar por qué la implementación de un sistema de telemetría con Arduino puede ser una opción más viable respecto a un sistema SCADA cuando se tiene poco presupuesto.

Una empresa que vende sistemas SCADA ofrece soluciones personalizadas y con características más avanzadas, análisis de datos en tiempo real, etc. Sin embargo, la implementación de estos sistemas llega a ser realmente costosa y demanda de una inversión significativa en hardware y software. Por otra parte, con un sistema Arduino, los usuarios pueden generar soluciones de telemetría accesible y fáciles de usar sin tener conocimientos profundos en programación web.

En resumen, dependiendo de las necesidades específicas de un sistema de distribución de agua potable, un sistema SCADA proporcionado por una compañía puede ser más adecuado para una implementación a gran escala con requisitos avanzados, mientras que una solución de telemetría con Arduino llega a ser una opción más accesible y adecuada para una implementación a pequeña escala y en proyectos con recursos financieros limitados.

5.4 Costo Estimado de la Propuesta

Este costo referencial se lo obtuvo en base a la proforma del proyecto para el mejoramiento del sistema de agua potable de la Ciudad de Pasaje proporcionado por la empresa COTA S.A de la ciudad de Quito y de la Proforma N° AR- 01805031 emitida por la empresa AUSTRO RIEGO INFRAESTRUCTURA HIDRICA de la ciudad de Loja.

Tabla 2. Costo Estimado de los Materiales

COSTO ESTIMADO DE LOS MATERIALES			
MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA CIUDAD DE PIÑAS			
LISTADO DE MATERIALES			
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
1	MACROMEDIDOR ELECTROMAGNETICO 100 mm	1	
2	MACROMEDIDOR ELECTROMAGNETICO 150 mm	1	
3	MACROMEDIDOR ELECTROMAGNETICO 300 mm	3	
4	VALVULA CONTROL DE NIVEL 100 mm	2	24,650
5	VALVULA CONTROL DE NIVEL 150 mm	2	
6	VALVULA CONTROL DE NIVEL 250 mm	2	
7	TURBIDIMETRO EN LINEA - SENSOR PARA TUBERIA	1	

Fuente: Autor

Cabe indicar que el precio de los macromedidores solo incluye el sensor bridado y el transmisor, para el caso de las válvulas incluye el cuerpo bridado y elementos necesarios para que funcione adecuadamente como el flotador piloto. El costo indicado no contempla la instalación del equipo, la provisión de las tuberías ni otros accesorios adicionales como por ejemplo bridas, manguitos, pernos, empaques, entre otros.

Por lo cual resulta necesario agregar un porcentaje adicional para cubrir estos costos, y se sugiere un aumento del 20% sobre el valor de la proforma original. El monto total de la inversión ascendería a \$ 29,580.

En lo referente al sistema de tecnología propia con tecnología Arduino u otro sistema que escoja la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Piñas (EPAA-PIÑAS), resultara necesario que contraten a un especialista en electrónica y automatización para diseñar el sistema elegido. Es necesario realizar un estudio adicional para determinar los detalles específicos del diseño y asegurar la viabilidad técnica del sistema.

6 CONCLUSIONES

Con la visita técnica realizada a las instalaciones del sistema de agua potable de Piñas, se determinó la existencia de algunos problemas que afectan su correcto funcionamiento, como la pérdida de agua por rebose en los tanques de reserva y la falta de control de datos en tiempo real para optimización del sistema. Por ello es necesario implementar una solución para abordar estos problemas y mejorar la calidad del sistema.

En conclusión, se presenta una propuesta para el mejoramiento y optimización del sistema de agua potable de Piñas. La implementación de una tecnología de bajo costo que aplica telemetría con Arduino permitirá una reducción considerable del porcentaje de pérdidas y un mejor control de la calidad del agua. Esta propuesta está encaminada a mejorar la calidad y eficiencia del sistema, haciendo que el suministro de agua potable sea constante y confiable para los usuarios. Resulta fundamental destacar que esta solución contribuirá considerablemente a la sostenibilidad y seguridad del sistema de agua para la Ciudad de Piñas.

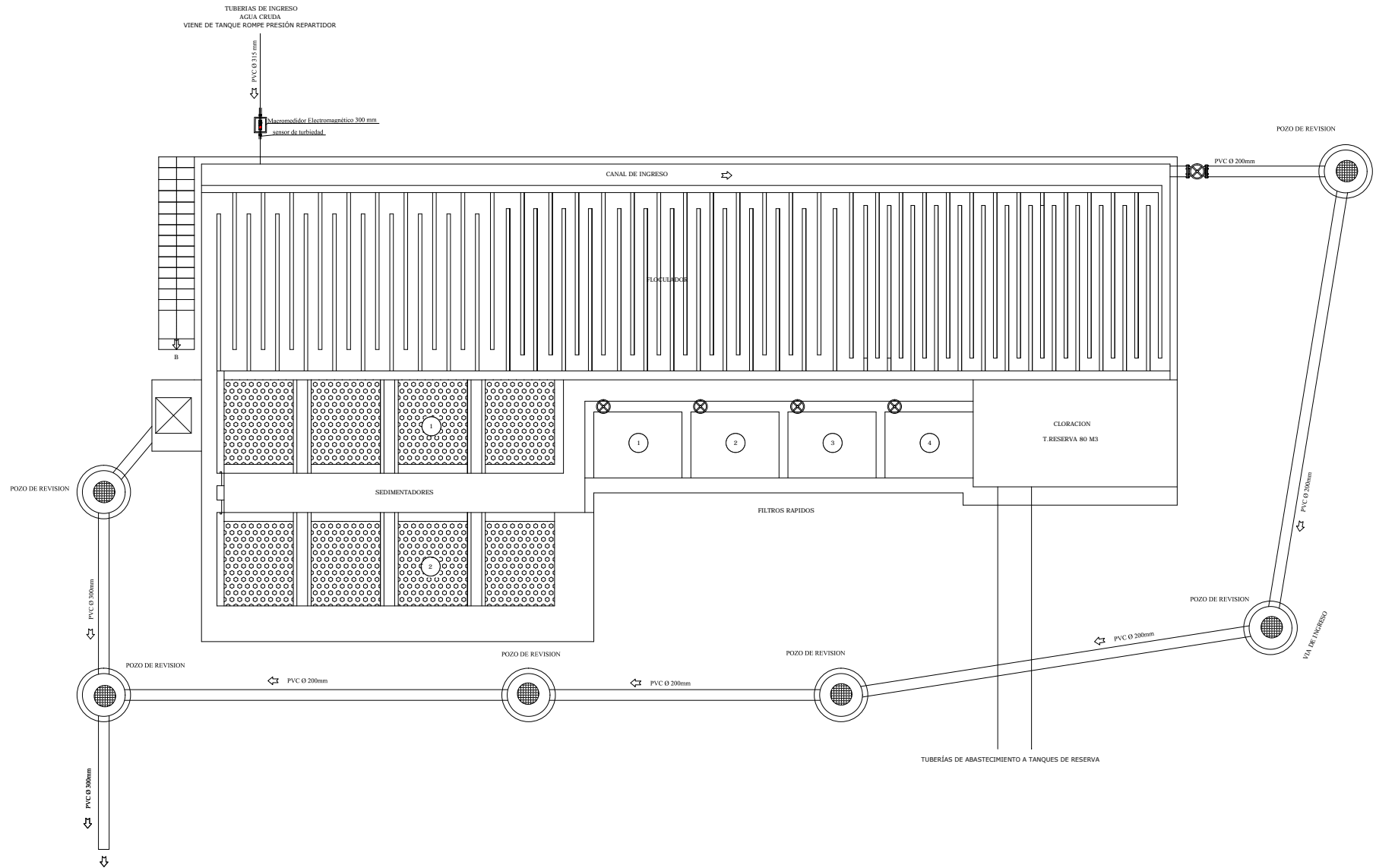
7 BIBLIOGRAFÍA

- [1] K. Joseph, A. K. Sharma, and R. van Staden, “Development of an Intelligent Urban Water Network System,” *Water (Switzerland)*, vol. 14, no. 9, 2022.
- [2] D. Bueno Herrera, E. Monroy Ávila, and C. A. Zafra Mejía, “Análisis de agua no contabilizada en el sistema de abastecimiento urbano del municipio de Facatativá, Colombia,” *Tecnura*, vol. 24, no. 63, pp. 84–98, 2020.
- [3] D. F. Costa, “Evaluación de los beneficios de la medición por telemetría en redes de agua: estudio, modelización de consumos y control de pérdidas,” Universidad de Brasilia, 2022.
- [4] C. Cedeño, M. Xavier, and P. Milton, “Plan estratégico para la reducción de pérdidas de agua potable en Portoviejo,” vol. 8, p. 29, 2021.
- [5] E. Escobar Gallardo and A. Villazón, “Sistema De Monitoreo Energético Y Control Domótico Basado En Tecnología ‘Internet De Las Cosas,’” *Investig. Desarro.*, vol. 18, no. 1, pp. 103–116, 2018.
- [6] C. Vidal-Silva, M. I. Lineros, G. E. Uribe, and C. J. Olmos, “Electronics for everybody using Arduino: Positive experience in the implementation of hardware-software solutions,” *Inf. Tecnol.*, vol. 30, no. 6, pp. 377–386, 2019.
- [7] B. A. Espinosa Apolo and M. E. Orellana Guayas, *Desarrollo de aplicaciones de monitoreo y control basadas en IoT a través de la plataforma Ubidots. Aplicaciones a sistemas de automatización bajo entornos de simulación*. 2021.
- [8] N. I. León Pupo, M. I. Castellanos Domínguez, D. Curra Sosa, M. Cruz Ramírez, and M. I. Rodríguez Palma, “Investigación en la Universidad de Holguín: compromiso con la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible.,” *Actual. Investig. en Educ.*, vol. 19, no. 1, 2019.
- [9] M. Botello, “Liderazgo en la gestion de agua 4.0,” Puebla, 2021.
- [10] F. Quishpe, “Diseño De Un Prototipo De Sistemas Scada Para El Monitoreo De Captación, Almacenamiento Y Distribución De Agua Potable Para La EP-EMAPAR,” Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2017.
- [11] E. F. Arniella, S. Water, A. Llc, and Y. Mellinger, “Evaluación de tecnologías

- inteligentes para infraestructura hídrica (swit),” p. 44, 2017.
- [12] E. Pérez-López, “Los sistemas SCADA en la automatización industrial,” *Rev. Tecnol. en Marcha*, vol. 28, no. 4, p. 3, 2015.
- [13] J. A. García Barroso, “SCADA el Sistema de Información para Procesos Productivos Industriales,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 66–69, 2019.
- [14] V. G. Tzatchkov and M. J. Rodríguez Varela, “Diseminación De Tecnología Europea De Redes Inteligentes De Agua Potable En México,” Mexico, 2016.
- [15] A. D. Gupta, P. Pandey, A. Feijóo, Z. M. Yaseen, and N. D. Bokde, “Smart water technology for efficient water resource management: A review,” *Energies*, vol. 13, no. 23, pp. 1–23, 2020.
- [16] G. Industrias, “Medidor de Flujo Electromagnético,” *GSL Industrias*, 2021. [Online]. Available: <https://industriassgl.com/blogs/automatizacion/medidor-de-flujo-electromagnetico>.
- [17] Fabiana Meijon Fadul, “Macromedidor Electromagnetico,” Bogotá, p. 13, 2019.
- [18] M. R. Martínez-Orjuela, J. Y. Mendoza-Coronado, B. E. Medrano-Solís, L. M. Gómez-Torres, and C. A. Zafra-Mejía, “Evaluación de la turbiedad como parámetro indicador del tratamiento en una planta potabilizadora municipal,” *Rev. UIS Ing.*, vol. 19, no. 1, pp. 15–24, 2020.
- [19] A. Cedeño Rogger, “Módulo didáctico para controlar nivel y caudal de agua, mediante sistema SCADA, PLC y algoritmo PID,” *Rev. Investig. en Energía, Medio Ambient. y Tecnol. RIEMAT ISSN 2588-0721*, vol. 4, no. 2, p. 50, 2020.
- [20] Bermad, “Válvulas de control hidráulicas,” pp. 1–6, 2007.

8 ANEXOS

ANEXO 1. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PIÑAS



ANEXO 2. TANQUES DE RESERVA CENTRALES

