UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERA AMBIENTAL

TEMA:

"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO LA ISLA DEL CANTÓN QUITO"

AUTORA:

EMILY DAYANA PAILLACHO ESPINOSA

DIRECTOR DE PROYECTO

M.Sc. PEDRO ANDRÉS PEÑAFIEL ARCOS

PUYO- ECUADOR

2021 – 2021

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Quien suscribe Paillacho Espinosa Emily Dayana con C.I. 172367604-3, hace constar que es autora del Proyecto de Investigación titulado: **"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO LA ISLA DEL CANTÓN QUITO"**, el cual constituye una elaboración personal realiza únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Msc. Pedro Andrés Peñafiel Arcos. En tal sentido, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 06 días del mes de julio del 2021.



_____

Paillacho Espinosa Emily Dayana

CI: 172367604-3

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el Proyecto de Investigación de Integración Curricular titulado: **"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO LA ISLA DEL CANTÓN QUITO"**.

ANGELICA MARIA TASAMBA Y SALAZAR

Msc. Angélica María Tasambay Salazar

Presidente del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
RUBEN DARIO LEDESMA ACOSTA

Msc. Rubén Dario Ledesma Acosta

Miembro del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
KAREM YAEL CAZARES CARRION

Msc. Karem Yael Cazares Carrión

Miembro del Tribunal

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Certificado No. 130-SAU-UEA-2021 Puyo, 16 de julio de 2021

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente a la estudiante: Paillacho Espinosa Emily Dayana con C.I. 1723676043, con el Tema: **"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO LA ISLA DEL CANTÓN QUITO.",** de la carrera, Ingeniería Ambiental. Director de la investigación MSc. Peñafiel Arcos Pedro Andrés, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 9%, Informe generado con fecha 16 de julio de 2021 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
ITALO
MARCELO

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco M.Sc.
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

©2021, Emily Dayana Paillacho Espinosa

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Emily Dayana Paillacho Espinosa, declaro que el presente proyecto de investigación, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular.

EMILY DAYANA PAILLACHO ESPINOSA

No. Cédula: 172367604-3

DEDICATORIA

Mi proyecto de investigación se lo dedico en primer lugar a Dios, pues sin su bendición no hubiera llegado hasta donde me encontró hoy. En segundo lugar se lo dedico a mis padres Jaime Paillacho y Mirian Espinosa por confiar plenamente en mí, por sus sacrificios emocionales y económicos al darme la oportunidad de formarme académicamente fuera de la provincia; a mis hermanos Erik Alexander y Kimberly Gabriela por su amor incondicional para que no decayera al cumplir mi meta, especialmente dedico a mi pequeña hermana Gabriela por haberse aferrado a la vida luchando contra su enfermedad para compartir conmigo este momento especial. A mi compañero de vida Christian Guamán por creer siempre en mi capacidad y brindarme su comprensión, cariño y amor.

Emily Paillacho

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por guiar y bendecir siempre mi camino, gracias a mis padres por su apoyo y amor infinito, a mis hermanos por darme siempre aliento y no permitir que decaiga al cumplir esta meta, a mi familia materna y paterna por brindarse su cariño y palabras de aliento para culminar con mi vida universitaria. Gracias a la Universidad Estatal Amazónica por abrirme sus puertas para realizar mi formación académica y a los docentes que compartieron sus conocimientos y sabiduría. Gracias a mi tutor Msc. Pedro Peñafiel por su tiempo y dedicación al guiarme en este proyecto de investigación. Gracias a la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento La Isla por brindarse su apoyo en la realización de esta propuesta. Gracias a la universidad por haberme brindado los mejores años de mi vida, por enseñarme que con disciplina y dedicación puedo lograr lo que me proponga.

RESUMEN

La propuesta de mejoramiento de la calidad del agua para consumo humano de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento (JAAPyS) La Isla del cantón Quito busco el mejoramiento en la desinfección y la turbidez del agua que llega a los consumidores de la JAAPyS La Isla. Para ello se diagnosticó la problemática en la planta de tratamiento de agua potable (PTAP), en el cual se realizó una revisión de las etapas de tratamiento en dos visitas de campo, análisis físicos químicos del agua cruda y el agua tratada y encuestas online a la población servida, donde se obtuvo como resultado que el sistema de cloración no realiza una correcta desinfección. También se analizó diferentes alternativas de potabilización del agua ponderadas en la matriz de Pugh, en la cual se consideró tres alternativas y cinco criterios, donde se obtuvo como resultado la filtración de lecho mixto de arena, grava y carbón – desinfección con hipoclorito de sodio a través de un dosificador hidráulico – almacenamiento como la mejor alternativa. Por último, se realizó la propuesta de mejoramiento de la PTAP del barrio La Isla, en donde se dimensionó las principales operaciones unitarias, en el que se obtuvo como resultado un caudal de tratamiento de 6.12 l/s y un caudal de dosificación de 0.21 l/h. Se concluyó que en la PTAP La Isla el sistema de cloración PROVITAB 3® no ayuda a que se cumpla con el parámetro de cloro libre según la normativa vigente, asimismo la mayoría de los consumidores de la JAAPyS La Isla califico como regular el servicio, para la filtración se consideró un filtro modelo DH-04 y para la desinfección un dosificador modelo Dosatron. Se recomendó pintar el interior de los tanques con pintura epóxica grado alimenticio y la adquisición de un medidor digital de cloro libre.

Palabras claves: calidad del agua, agua cruda, agua potable, propuesta, PTAP.

ABSTRACT

The proposal to improve the quality of water for human consumption of the Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento (JAAPyS) La Isla del Cantón Quito sought to improve the disinfection and turbidity of the water that reaches the consumers of the JAAPyS La Isla. For this purpose, the problem was diagnosed at the drinking water treatment plant (DWTP), in which a review of the treatment stages was carried out in two field visits, physical and chemical analysis of raw water and treated water and online surveys of the population served, where it was found that the chlorination system does not perform proper disinfection. Different water purification alternatives weighted in the Pugh matrix were also analyzed, in which three alternatives and five criteria were considered, resulting in the filtration of a mixed bed of sand, gravel and charcoal - disinfection with sodium hypochlorite through a hydraulic dosing device - storage as the best alternative. Finally, a proposal was made to improve the La Isla neighborhood WWTP, where the main unit operations were sized, resulting in a treatment flow rate of 6.12 l/s and a dosing flow rate of 0.21 l/h. It was concluded that the PROVITAB 3® chlorination system at the La Isla WWTP does not help to comply with the free chlorine parameter according to current regulations; likewise, most of the consumers of the La Isla JAAPyS rated the service as regular, for filtration a DH-04 model filter was considered and for disinfection a Dosatron model dosing device. It was recommended that the interior of the tanks be painted with food grade epoxy paint and that a digital free chlorine meter be purchased.

Keywords: water quality, raw water, drinking water, proposal, DWTP.

CONTENIDO

CAPÍTULO I **1**
1. INTRODUCCIÓN **1**
1.1. Planteamiento del problema 1
1.1.1. Preguntas de investigación 2
1.2. Objetivos 3
1.2.1. Objetivo general 3
1.2.2. Objetivos específicos 3
1.3. Justificación 3
CAPÍTULO II **5**
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA **5**
2.1. Medio ambiente 5
2.2. Agua 5
2.2.1. Agua cruda 5
2.2.2. Agua potable 5
2.3. Calidad del agua 5
2.3.1. Características físicas del agua para consumo humano 6
2.3.1.1. Color 6
2.3.1.2. Olor y sabor 6
2.3.1.3. Temperatura 6
2.3.1.4. pH 7
2.3.1.5. Turbidez 7
2.3.2. Características químicas del agua para consumo humano 7
2.3.2.1. Aluminio 8
2.3.2.2. Mercurio 8
2.3.2.3. Plomo 8

2.3.2.4. Hierro 8
2.3.2.5. Fluoruro 8
2.3.2.6. Cobre 9
2.3.2.7. Cloruro 9
2.3.2.8. Sólidos Disueltos Totales 9
2.3.2.9. Sulfatos 9
2.3.2.10. Nitritos y nitratos 9
2.3.3. Características biológicas del agua para consumo humano 10
2.3.3.1. Algas 10
2.3.3.2. Bacterias 11
2.3.3.3. Hongos, mohos y levaduras 11
2.4. Planta de potabilización 11
2.4.1. Tratamientos de agua para consumo humano 11
2.4.1.1. Tratamientos físicos 11
2.4.1.2. Tratamientos químicos 11
2.4.1.3. Tratamientos biológicos 12
2.4.2. Etapas para potabilizar el agua 12
2.4.2.1. Captación 12
2.4.2.2. Pre tratamiento 12
2.4.2.3. Tratamiento 13
2.4.2.4. Almacenamiento 14
2.5. Normativa Ambiental Vigente 15
2.5.1.1. Límite permitido 15
2.5.1.2. Junta Administradora de Agua Potable 15
2.5.1.3. Usuario 15
2.5.1.4. Acuerdo Ministerial 097-A 15
2.5.1.4.1. Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico 16
2.5.1.5. Norma Técnica Ecuatoriana - INEN 1108 Sexta revisión 16
2.5.1.5.1. Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano 16

2.5.1.5.2. Requisitos microbiológicos del agua para consumo humano 17

CAPÍTULO III **18**

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN **18**

3.1. Localización 18

3.2. Diseño de investigación 19

3.3. Métodos de investigación 20

3.3.1. Diagnóstico de la problemática existente en la planta de tratamiento de agua potable del barrio La Isla, mediante una revisión de las etapas de tratamiento, análisis físicos químicos y encuestas a la población servida 20

3.3.1.1. Agua cruda 21

3.3.1.2. Agua Consumidor Final 22

3.3.2. Análisis de diferentes alternativas de potabilización del agua distribuida en el barrio La Isla, por medio de una revisión bibliográfica de documentos técnicos y normativas existentes. 24

3.3.2.1. Selección de alternativa 24

3.3.3. Realización de una propuesta de mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable del barrio La Isla, a través del dimensionamiento de las principales operaciones unitarias. 25

3.3.3.1. Filtración 26

3.3.3.2. Desinfección 26

CAPÍTULO IV **28**

1. ANÁLISIS DE RESULTADOS **28**

1.1. Problemática existente en la planta de tratamiento de agua potable del barrio La Isla 28

1.1.1. Situación actual de la captación de agua cruda 28

1.1.1.1. Tanque recolector 28

1.1.1.2. Tanque con deflectores 29

1.1.1.3. Tanque de repartición del caudal 30

1.1.1.4. Conducción 31

1.1.1. Situación actual de la planta de tratamiento de agua potable 33

1.1.1.1. Sistema de cloración PROVITAB 3® 33

1.1.1.2. Tanque de cloración 34

1.1.1.3. Tanque de almacenamiento - distribución 34
1.1.1.4. Macromedidor 35
1.1.1.5. Bodega 36
1.1.2. Análisis de laboratorio para muestras de agua cruda y agua consumidor final 38
1.1.2.1. Agua cruda 38
1.1.2.2. Agua consumidor final 38
1.1.1. Control de cloro residual y pH 39
1.1.2. Calidad en el servicio de agua potable del barrio La Isla 43
1.1.2.1. Género 43
1.1.2.2. Edad 44
1.1.2.3. Grado de instrucción 44
1.1.2.4. Estado civil 45
1.1.2.5. Ocupación económica 46
1.1.2.6. Cuantas personas viven en casa: 47
1.1.2.7. ¿Cómo califica usted el servicio de agua potable? 47
1.1.2.8. ¿Cuántas horas del día tiene servicio de agua potable? 48
1.1.2.9. En caso de interrupción ¿Cuánto tiempo tarda para reponer el servicio? 49
1.1.2.10. ¿Ha existido rotura de la tubería en su sector? 49
1.1.2.11. El agua llega con buena presión a su domicilio 50
1.1.2.12. ¿El agua que llega a su casa presenta turbidez? 51
1.1.2.13. ¿El agua que llega a su casa presenta olor desagradable? 51
1.2. Alternativas de potabilización del agua distribuida en el barrio La Isla. 52
1.2.1. Alternativas 52
1.2.1.1. A1: Filtración gruesa 52
1.2.1.2. A2: Filtración lenta 52
1.2.1.3. A3: Filtración mixta 52
1.2.2. Criterios 53
1.2.2.1. C1: Costo de inversión 53

1.2.2.2. C2: Costo de mantenimiento y operación 53
1.2.2.3. C3: Espacio 53
1.2.2.4. C4: Eficiencia 53
1.2.2.5. C5: Cumplimiento de la normativa vigente 53
1.3. Propuesta de mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable del barrio La Isla. 54
1.3.1. Filtración 54
1.3.1.1. Caudal medio diario 54
1.3.1.2. Caudal máximo diario 55
1.3.1.3. Caudal de tratamiento 55
1.3.1.4. Filtro de lecho mixto de grava, arena y carbón 55
1.3.2. Desinfección 56
1.3.2.1. Volumen de solución 57
1.3.2.2. Volumen de periodo de recarga 57
1.3.2.3. Caudal de dosificación 57
1.3.2.4. Dosificador hidráulico 57
1.3.3. Análisis económico 60
CONCLUSIONES **61**
RECOMENDACIONES **62**
BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico....16
Tabla 2-2: Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano.....17
Tabla 3-2: Requisitos microbiológicos del agua para consumo humano.....17
Tabla 1-3: Información de la muestra de agua cruda 21
Tabla 2-3: Parámetros analizados en la muestra de agua cruda 22
Tabla 3-3: Información de la muestra de agua consumidor final.....22
Tabla 4-3: Parámetros analizados en la muestra de agua consumidor final 22
Tabla 5-3: Características de la literatura revisada para el análisis de diferentes alternativas de potabilización del agua.....24
Tabla 6-3: Matriz de Pugh para la toma de decisiones.....25
Tabla 7-3: Ponderación para la Matriz de Pugh.....25
Tabla 1-4: Valores de lectura del macromedidor 35
Tabla 2-4: Resultados obtenidos para agua cruda.....38
Tabla 3-4: Resultados obtenidos para agua consumidor final.....39
Tabla 4-4: Control de cloro residual y pH en el mes de abril 40
Tabla 5-4: Control de cloro residual y pH en el mes de mayo 41
Tabla 6-4: Género de los usuarios de la JAAPyS La Isla 43
Tabla 7-4: Rango de edades de los usuarios de la JAAPyS La Isla 44
Tabla 8-4: Grado de instrucción de los usuarios JAAPyS La Isla.....44
Tabla 9-4: Estado civil 45
Tabla 10-4: Ocupación económica 46
Tabla 11-4: Rango de personas que viven en una casa.....47
Tabla 12-4: Calificación del servicio de agua potable.....47
Tabla 13-4: Horas al día de servicio de agua potable 48
Tabla 14-4: Tiempo para reponer servicio de agua potable.....49
Tabla 15-4: Rotura de la tubería.....49

Tabla 16-4: Agua llega con buena presión a su domicilio 50
Tabla 17-4: Agua llega a los domicilios presenta turbidez 51
Tabla 18-4: Agua llega a los domicilios presenta olor desagradable 51
Tabla 19-4: Matriz de Pugh para PTAP La Isla 54
Tabla 20-4: Especificaciones del filtro de lecho mixto de grava, arena y carbón 56
Tabla 21-4: Especificaciones del dosificador hidráulico 58
Tabla 22-4: Análisis económico 60

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1-3: Ubicación de la Planta de Tratamiento de Agua Potable La Isla 19
Figura 2-4: Tanque de recolección de agua cruda 28
Figura 3-4: Tanque con deflectores por fuera.....29
Figura 4-4: Tanque con deflectores por dentro.....29
Figura 5-4: Tanque de repartición del caudal por fuera 30
Figura 6-4: Tanque de repartición del caudal por dentro.....30
Figura 7-4: Tubería elevada en el paso por la quebrada Apungura.....31
Figura 1-4: Esquema de captación de agua cruda de la JAAPyS La Isla 32
Figura 9-4: Sistema de cloración PROVITAB 3® 33
Figura 10-4: Tanque de cloración de la PTAP La Isla 34
Figura 11-4: Tanque de almacenamiento – distribución de la PTAP La Isla 34
Figura 12-4: Macromedidor de la PTAP La Isla 35
Figura 13-4: Bodega de la PTAP La Isla 36
Figura 8-4: Esquema de potabilización del agua cruda de la JAAPyS La Isla.....37
Figura 14–4: Gráfico de porcentajes de género de los usuarios de la JAAPyS La Isla 43
Figura 15–4: Gráfico de porcentajes de rango de edades de los usuarios de la JAAPyS La Isla 44
Figura 16–4: Gráfico de porcentajes de grado de instrucción de los socios de la JAAPyS La Isla45
Figura 17–4: Gráfico de porcentajes de estado civil de los usuarios de la JAAPyS La Isla45
Figura 18–4: Gráfico de porcentajes de ocupación económica de los usuarios de la JAAPyS La Isla 46
Figura 19–4: Gráfico de porcentajes de rango de personas que viven en los domicilios de los usuarios de la JAAPyS La Isla.....47
Figura 20–4: Gráfico de porcentajes de satisfacción en el servicio de agua potable de la JAAPyS La Isla.....48

Figura 21–4: Gráfico de porcentajes de rango de horas que los socios de la JAAPyS La Isla tienen agua potable.....48

Figura 22–4: Gráfico de porcentajes de tiempo para reponer el servicio de agua potable de los socios de la JAAPyS La Isla en caso interrupción 49

Figura 23–4: Gráfico de porcentajes de rotura de tubería en los sectores de la JAAPyS La Isla 50

Figura 24–4: Gráfico de porcentajes de agua que llega con buena presión a los domicilios de los socios de la JAAPyS La Isla 50

Figura 25–4: Gráfico de porcentajes del agua llega con turbidez a los domicilios de los socios de la JAAPyS La Isla 51

Figura 26–4: Gráfico de porcentajes de agua llega con olor desagradable a los domicilios de los socios de la JAAPyS La Isla 52

Figura 27-4: Material de relleno del filtro mixto de grava, arena y carbón 56

Figura 27-4: Esquema de mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable La Isla 59

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Aceptación del proyecto de investigación 66

Anexo 2: Primera visita de campo 67

67

Anexo 3: Segunda visita de campo.....68

Anexo 4: Medición de cloro residual y pH 69

Anexo 5: Toma de muestras 70

Anexo 6: Modelo de la encuesta sobre la calidad en el servicio de agua potable en el barrio La Isla71

Anexo 7: Cotización del filtro de lecho mixto de grava, arena y carbón.....72

Anexo 8: Cotización del dosificador hidráulico 73

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Responder a los desafíos mundiales de la calidad del agua está relacionada con el concepto de sostenibilidad e integridad, por ello se ha trabajo en iniciativas globales, regionales y locales. Los estados miembros de las Naciones Unidas han adoptado una nueva estrategia para gestionar los programas de desarrollo global para los próximos 15 años. La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible propone objetivos únicos que cubren los campos económico, social y ambiental. Esto se considera en el objetivo 6 "*Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos"* (Naciones Unidas, 2016).

El acceso al agua y al saneamiento es un derecho humano. A pesar de los avances logrados en las últimas dos décadas en los países de América Latina y El Caribe, aún existen brechas de cobertura entre las áreas urbanas y rurales y entre las instalaciones de abastecimiento de agua y saneamiento. Sin embargo, se han verificado experiencias exitosas en programas con amplios componentes de participación comunitaria, como los de Ecuador, Bolivia, Honduras, Nicaragua y Perú; en algunos casos existen estrategias de intervención en las que las comunidades rurales firman contratos de servicios con proveedores, con el fin de restaurar o construir su sistema de agua potable y saneamiento básico (Mejía, Castillo, & Vera, 2016).

Ecuador se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y ha desarrollado la Estrategia Nacional de Calidad del Agua (ENCA) 2016 -2030 para mejorar y proteger la calidad del agua. La mencionada estrategia establece un conjunto de lineamientos y metas de acción que orientan la intervención de los actores para que se dé una correcta participación en la gestión integral de los recursos hídricos. En general los propósitos son proteger, restaurar y salvaguardar la calidad del agua para todos los ecuatorianos y ecuatorianas. Tomando en cuenta que se consideran metas a corto, mediano y largo plazo; además actores, indicadores y resultados para un tiempo propuesto de quince años (ENCA, 2016).

El barrio La Isla cuenta con agua potable desde el año de 1994, siendo esta captada y transportada aproximadamente una distancia de 2 km hasta llegar a la actual planta de tratamiento; la cual cuenta con un tanque para la cloración el cual fue instalado en el año 2008, un tanque de almacenaje - distribución y una bodega en la planta de tratamiento y con una oficina en el centro del barrio. El agua de consumo humano del barrio únicamente tiene como tratamiento la cloración utilizando el clorador PROVITAB 3®. El sistema de operación del clorador consiste en regular el flujo de agua que ingresa al equipo procedente de una derivación de la línea principal del suministro de agua que entran en contacto con las tabletas de PROVICHLOR TAB 3®, en la PTAP La Isla estas tabletas no ayudan a que se una correcta desinfección del líquido vital. Tomando en cuenta que la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento (JAAPyS) La Isla es la entidad encargada de dar un buen servicio a sus socios.

Otro inconveniente al que se tiene enfrentar la población del barrio La Isla, es que el tanque de almacenamiento - distribución de 200 m^3 construido hace 6 años no da un correcto abastecimiento para la cantidad de personas que hacen uso del líquido vital cuando existen cortes de agua o se da la utilización de este recurso en horas pico. Además, el agua potable que llega a los hogares de los 350 socios presenta una ligera turbidez. Es preciso mencionar que existe un solo operador que se encarga del tratamiento del agua el cual no cuenta con una correcta capacitación para realizar esta actividad y además realiza trabajos como lectura de los medidores, arreglos de tuberías, instalación de medidores, aforamiento en la captación, entre otros.

Es así que la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento La Isla ubicado en la parroquia de Yaruqui, cantón Quito, provincia de Pichincha no cuenta con una propuesta de mejoramiento de la calidad del agua para consumo humano. Siendo su principal problemática la correcta desinfección del agua cruda. Además, no cuenta con análisis de diferentes alternativas de potabilización del agua distribuida y tampoco dispone de un adecuado diseño de la planta de tratamiento de agua potable.

1.1.1. Preguntas de investigación

¿Cómo una propuesta de mejoramiento de la calidad del agua contribuye al consumo humano de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento La Isla ubicado en la parroquia de Yaruqui, cantón Quito, provincia de Pichincha?

¿Cómo mejorar la problemática que existe en la planta de tratamiento de agua potable del barrio La Isla?

¿Con que alternativas se puede realizar la potabilización del agua distribuida en el barrio La Isla?

¿Qué diseño se puede elaborar en la planta de tratamiento de agua potable para el barrio La Isla?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Elaborar una propuesta de mejoramiento de la calidad del agua para consumo humano de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento La Isla ubicado en la parroquia de Yaruqui, cantón Quito, provincia de Pichincha.

1.2.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la problemática existente en la planta de tratamiento de agua potable del barrio La Isla, mediante una revisión de las etapas de tratamiento, análisis físicos químicos y encuestas a la población servida.
- Analizar diferentes alternativas de potabilización del agua distribuida en el barrio La Isla, por medio de una revisión bibliográfica de documentos técnicos y normativas existentes.
- Realizar una propuesta de mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable del barrio La Isla, a través del dimensionamiento de las principales operaciones unitarias.

1.3. Justificación

A nivel mundial, la disponibilidad del recurso hídrico es de 1386 billones de hectómetros cúbicos (hm^3) cada año, de los cuales 35 billones de hm^3 son agua dulce, lo que representa el 2,5%. En agua dulce, el 70% no están disponibles porque existen en nieve, hielo y glaciares. El agua subterránea es de 10,5 millones de hm^3. Por último el agua de los ríos, lagos, el suelo y el aire, las plantas y los humedales son solo 0,14 billones de hm^3 (Comisión Nacional del Agua, 2019).

En América Latina y el Caribe, la abundancia relativa de agua significa que las principales prioridades incluyen la optimización y el fortalecimiento de la gobernanza del agua, y el paradigma se ha desplazado hacia la gestión integrada y sostenible del agua y su uso en el desarrollo socioeconómico y la disminución de la pobreza (UNESCO, 2015).

La Organización Mundial de la Salud en su publicación "Guías para la calidad del agua de consumo" describe que el agua potable se refiere al agua que presenta propiedades químicas, físicas y microbiológicas que cumplen con los estándares de calidad, es decir, es inofensiva para el consumo humano por sus propiedades (Organización Mundial de la Salud, 2018).

El Estado Ecuatoriano mencionó en el Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 que el alcance de los servicios debe estar garantizado y los servicios deben cumplir con estándares mínimos de calidad. En Ecuador en junio de 2016, el grado de satisfacción con la operación del servicio de agua potable fue de 6,97 sobre 10. Si la evaluación promedio de este indicador se considera 0 entonces está completamente insatisfecho y 10 está completamente satisfecho (Senplades, 2017).

Es muy importante tener agua potable en todos los hogares, porque este líquido es fundamental para el desarrollo de la vida. Para los humanos, ayuda a la digestión, pueda haber transporte de oxígeno entre las células y mantener los músculos. Además, el agua potable tiene usos importantes porque se utiliza para cocinar, beber y para la higiene personal.

El presente proyecto busco mejorar la planta de tratamiento de agua potable del barrio La Isla ubicado en la parroquia de Yaruqui, perteneciente al cantón Quito, provincia de Pichincha el cual brinda servicio a 350 socios a través de la "Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento La Isla". Además, este proyecto beneficiaría a una población proyectada para el año en curso de 1781 habitantes.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Medio ambiente

Es el medio natural y sus elementos constituyentes, como la vegetación, los animales, el aire, el clima, el agua, la tierra y la interacción entre todos estos elementos, de los que dependemos para mantener el ciclo de vida del planeta tierra (Balcazar & Quijije, 2015).

2.2. Agua

Es un líquido inodoro, insípido e incoloro en pequeñas cantidades y azul en grandes masas. Se congela a 0ºC y hierve a 100ºC. S. Su composición química es dos partes de hidrógeno y una parte de oxígeno volumen, siendo su fórmula H_2O (Organización Panamericana de la Salud, 2013).

2.2.1. Agua cruda

Agua sin ningún tipo de tratamiento o agua que ingresa a la planta o estación de agua potable para su tratamiento (Triana & Briceñ0, 2017).

2.2.2. Agua potable

Es agua que ha sido tratada en sus características físicas, químicas y microbiológicas para asegurar que sea apta para el consumo humano. No debe contener organismos que puedan causar enfermedades, elementos o sustancias que puedan tener efectos fisiológicos nocivos y debe cumplir el siguiente requisito, que la calidad este determinado por la revisión vigente de la norma técnica NTE INEN 1108 (ARCA, 2016).

2.3. Calidad del agua

La particularidad del agua de buena calidad se detalla por características químicas, físicas, microbiológicas y biológicas, que se valoran mediante el análisis de diversos parámetros, los resultados de aquellos parámetros se comparan con valores de referencia (ENCA, 2016).

2.3.1. Características físicas del agua para consumo humano

El agua tiene ciertas características que se consideran físicas porque pueden ser percibidas por los sentidos (visión, olfato o gusto), y tienen un impacto directo en la estética y aceptabilidad del agua (Salamanca, 2016).

Según Salamanca (2016) menciona las siguientes principales características físicas que se debe tener en cuenta para el agua de consumo humano:

2.3.1.1. Color

Esta propiedad del agua puede estar asociada con la turbidez o puede aparecer independientemente del agua. Aún no es posible determinar la estructura química básica de la especie responsable del color, que suele atribuirse a la presencia de tanino, ácido húmico, lignina. ácido graso, ácido fúlvico, entre otros. Se cree que el color natural del agua puede deberse al material orgánico del suelo, desintegración de la materia y presencia de compuestos metálicos como el hierro.

2.3.1.2. Olor y sabor

El gusto y el olfato están estrechamente relacionados y son el principal motivo de rechazo de los consumidores. La falta de olor puede indicar indirectamente la ausencia de contaminantes, como los compuestos fenólicos, por otro lado, la presencia de olor a sulfuro de hidrógeno puede indicar el efecto desinfectante de los compuestos orgánicos en el agua.

Las sustancias que producen olor y sabor en el agua cruda pueden ser compuestos orgánicos derivados de las actividades de microorganismos y algas, o compuestos orgánicos derivados de la descarga de desechos industriales

2.3.1.3. Temperatura

Es uno de los parámetros físicos más importantes porque suele afectar al retraso o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración.

2.3.1.4. pH

El valor del pH afecta ciertos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en la red de distribución. Aunque se puede decir que no tiene impacto directo en la salud, puede afectar el proceso de tratamiento del agua, como la condensación y la desinfección. El pH del agua natural (no contaminada) suele estar entre 6 y 9. Cuando se trata agua ácida, generalmente se agrega álcali (generalmente cal) para optimizar el proceso de coagulación. En el tratamiento de agua potable, es necesario reajustar el pH del agua a un valor que no produzca efectos de corrosión o incrustaciones.

2.3.1.5. Turbidez

Es provocada por partículas en suspensión o coloides, es decir, están suspendidas debido al tamaño de las partículas, reduciendo más o menos la transparencia del agua. La Unidad de turbidez es UNT (Unidad Nefelometría de Turbidez) y se la mide mediante un nefelómetro o turbidímetro.

Aunque sus efectos directos sobre la salud no están claros, afecta la calidad estética del agua, lo que a menudo provoca el rechazo de los consumidores. Por otro lado, se ha demostrado que, en el proceso de eliminación de organismos patógenos, debido a la acción de reactivos químicos (como el cloro), las partículas turbias reducen la eficiencia del proceso y protegen físicamente a los microorganismos del contacto directo con el desinfectante. Por tanto, si la normativa de calidad establece un estándar de turbidez, éste debe mantenerse en un nivel mínimo para asegurar la efectividad del proceso de desinfección.

2.3.2. Características químicas del agua para consumo humano

Los diversos compuestos disueltos en agua pueden ser de origen natural o industrial, y son beneficiosos o nocivos según su composición y concentración (Salamanca, 2016).

Según la Organización Mundial de la Salud (2018) menciona las siguientes características químicas principales que se debe tener en cuenta para el agua de consumo humano:

2.3.2.1. Aluminio

Es un componente natural del agua, principalmente porque forma parte de la estructura de la arcilla. Puede existir en su forma soluble o en sistema coloidal, provocando turbidez del agua. El mayor problema es que el agua con alto contenido de aluminio hace que el pH del agua sea bajo.

2.3.2.2. Mercurio

El mercurio se considera un contaminante del agua nocivo porque es un metal pesado y es muy tóxico para el cuerpo humano. En el agua, se encuentra principalmente en forma inorgánica y se puede transformar en un compuesto orgánico mediante la acción de los microorganismos presentes en el sedimento. Entre ellos, se puede transferir al plancton, las algas y luego a organismos con niveles más altos de nutrientes, como peces, aves rapaces e incluso humanos.

2.3.2.3. Plomo

Es casi inexistente en aguas superficiales naturales y su presencia puede detectarse en algunas aguas subterráneas. Su presencia en aguas superficiales suele ser el resultado de emisiones industriales. En las instalaciones más antiguas, las principales fuentes de plomo en el agua potable son las tuberías de suministro de agua y los accesorios de plomo. Si el agua es ácida, liberará grandes cantidades de plomo de las tuberías, especialmente aquellas que tienen líquido estancado durante mucho tiempo.

2.3.2.4. Hierro

Generalmente, no ocasiona un cierto porcentaje de problemas de salud en aguas naturales. La presencia de hierro afecta el sabor del agua. También puede formar depósitos en la red de distribución y provocar bloqueos, así como turbidez del agua y cambios de color. Tiene una gran influencia en el ciclo del fosfato, por lo que es muy importante desde el punto de vista biológico.

2.3.2.5. Fluoruro

Un elemento esencial de la nutrición humana. Existe en concentraciones suficientes en el agua de bebida, principalmente en niños, para resistir la formación de caries dentales. Sin embargo, si la concentración de fluoruro en el agua es alta, puede causar "fluorosis" y dañar la estructura ósea, y una concentración demasiado alta puede causar efectos tóxicos.

2.3.2.6. Cobre

En el agua potable, puede estar presente debido a la corrosión de las tuberías domésticas, la erosión de sedimentos naturales y la lixiviación de conservantes de la madera, y la presencia de sulfato de cobre utilizado en plantas de tratamiento de agua para controlar las algas. En concentraciones muy altas, la presencia de cobre puede dar al agua un sabor muy desagradable.

2.3.2.7. Cloruro

En el agua potable, su existencia se debe a la adición de cloro como desinfectante en la estación de tratamiento. El ion cloruro está en forma de ion cloruro y es uno de los principales aniones inorgánicos en el agua. Sin embargo, si el anión está asociado con cationes de sodio o potasio, tiene un sabor salado que es fácil de detectar en altas concentraciones, pero no si la sal disuelta es calcio o cloruro de magnesio, se ve claramente, porque en estos casos el sabor salado no es evidente. Por encima de cierta concentración, el cloruro producirá corrosión y efectos corrosivos, especialmente a valores de pH bajos.

2.3.2.8. Sólidos Disueltos Totales

La palatabilidad del agua con una concentración de Sólidos Disueltos Totales de menos de 600 mg / l generalmente se considera buena, pero cuando la concentración es mayor de aproximadamente 1000 mg / l, la palatabilidad del agua para consumo humano es significativa y disminuye gradualmente. Los usuarios también pueden encontrar que la concentración de SDT es demasiado alta porque genera incrustaciones excesivas en tuberías y equipos.

2.3.2.9. Sulfatos

Son componentes naturales del agua superficial, generalmente su concentración no afecta su calidad, pueden provenir de la oxidación de sulfuros en el agua. El sulfato de calcio y el sulfato de magnesio contribuyen a la dureza del agua. Los altos niveles de sulfato pueden dar al agua un sabor amargo y pueden tener un efecto laxante, especialmente en presencia de magnesio.

2.3.2.10. Nitritos y nitratos

Cuando la concentración de sulfato es demasiado alta, es corrosivo. Debido a la descomposición de la materia orgánica y los fertilizantes utilizados, generalmente se

encuentran altas concentraciones de nitratos en el agua de las zonas rurales. Si los recursos hídricos se descargan de las aguas residuales domésticas, el nitrógeno existirá en forma de nitrógeno orgánico amoniacal y el amoníaco se oxidará en nitrito y nitrato después de entrar en contacto con oxígeno disuelto. El proceso de nitrificación depende de la temperatura, el contenido de oxígeno disuelto y el pH del agua.

La estabilidad del ion nitrito es menor que la del ion nitrato. Tiene una alta reactividad y se puede utilizar como agente oxidante y agente reductor, por lo que solo se puede encontrar en una cantidad considerable en condiciones de bajo contenido de oxígeno. Esta es la razón por la que el nitrito se transforma rápidamente en nitrato, y el nitrato generalmente domina en el agua (ya sea en el suelo o bajo tierra). La reacción de oxidación se puede realizar en un sistema biológico o mediante factores no biológicos.

2.3.3. Características biológicas del agua para consumo humano

Desde microorganismos hasta peces, la estructura del área de agua tiene una variedad de elementos biológicos. La fuente de los microorganismos puede ser natural, por la contaminación de aguas residuales industriales o por arrastre de microorganismos presentes en el suelo por acción del agua de lluvia. La cantidad de microorganismos va acompañada de las propiedades físicas y químicas del agua, porque cuando el agua tiene una temperatura cálida y materia orgánica disponible, la población crecerá y se diversificará (Salamanca, 2016).

Según la Organización Mundial de la Salud (2018) menciona las siguientes características microbiológicas principales que se debe tener en cuenta para el agua de consumo humano:

2.3.3.1. Algas

Contienen principalmente clorofila necesaria para la fotosíntesis, por lo que necesitan luz solar para sobrevivir y reproducirse. Las concentraciones más altas ocurren en lagos, estanques, embalses, remansos y la abundancia en las aguas superficiales es baja. Las algas suelen contener pigmentos que pueden colorear el agua.

2.3.3.2. Bacterias

Hay muchos géneros de bacterias que se pueden encontrar en el agua, pero los patógenos humanos son Escherichia coli y Streptococcus, que se utilizan como indicadores de contaminación fecal.

2.3.3.3. Hongos, mohos y levaduras

Son bacterias, pero no contienen clorofila y suelen ser incoloras. Todos estos organismos son heterótrofos, por lo que su nutrición depende de la materia orgánica.

2.4. Planta de potabilización

Instalaciones unitarias de tratamiento necesarias para depurar el suministro de agua de la población, esta se encuentra en un área determinada donde el agua cruda pasa por varias operaciones unitarias para ser tratada con el propósito de que la misma sea apta para el consumo humano (Triana & Briceño, 2017).

2.4.1. Tratamientos de agua para consumo humano

El tratamiento del agua es el método más antiguo utilizado por los seres humanos para eliminar los desechos y mejorar la calidad del olor, el color, el sabor y la apariencia. En la actualidad, se han complementado tecnologías comunes para el tratamiento del para consumo humano con procesos físicos, químicos o biológicos (Salamanca, 2016).

Según Salamanca (2016) describe cada uno de los procesos utilizados como tratamiento de agua para consumo humano de la siguiente manera:

2.4.1.1. Tratamientos físicos

Aquellos que no producen nuevas sustancias, pero concentran contaminantes al evaporar el agua o filtrar los sólidos grandes. Los más frecuentes son la filtración, adsorción, aireación, floculación y clarificación o sedimentación.

2.4.1.2. Tratamientos químicos

Aquellos que producen nuevas sustancias. Los más comunes son la coagulación, desinfección, ablandamiento y oxidación.

2.4.1.3. Tratamientos biológicos

Aquellos que utilizan organismos vivos para provocar cambios químicos en el proceso. Los más usuales es la digestión aerobia y la digestión anaerobia.

2.4.2. Etapas para potabilizar el agua

2.4.2.1. Captación

La captación se refiere al proceso de recolectar agua cruda de diferentes fuentes y luego transportarla a diferentes plantas de tratamiento para iniciar el proceso de purificación. El proceso utiliza tuberías conectadas que guían el agua de los ríos y lagos bajo la acción de la gravedad y para aguas subterráneas mediante bombas (López & Yánez, 2015).

2.4.2.2. Pre tratamiento

2.4.2.2.1. Cribado

Este proceso está diseñado para evitar que una gran cantidad de elementos sólidos grandes encontrados en el agua pasen al momento de la captación, por este motivo se utiliza una rejilla circular, la cual debe mantenerse siempre desobstruida (López & Yánez, 2015).

2.4.2.2.2. Desarenado/Predecantación

Aquí, se retienen materiales muy pequeños que se hallan en suspensión, cuyo tamaño es cercano o superior a 0,18 mm. Esta fase debe completarse para impedir que pequeñas partículas perjudiquen la maquinaria de purificación de agua (Buch, 2017).

2.4.2.2.3. Medición de caudal

El flujo de agua hacia cada planta dependerá de la cantidad de agua potable que se deba producir. No debe existir peligro de escasez de suministro de agua en cada planta, por lo que el caudal se deberá medir con un caudalímetro automático, el cual se ajusta mediante una compuerta que deja ingresar el agua cruda necesaria (López & Yánez, 2015).

2.4.2.3. Tratamiento

2.4.2.3.1. Coagulación

La coagulación comienza con un mezclado rápido. Durante el proceso de mezclado, se agregan químicos para crear un proceso de formación de "floc", que consiste en combinar la materia suspendida en el agua para que pueda ser eliminada durante el proceso de sedimentación (López & Yánez, 2015).

2.4.2.3.2. Floculación

En esta etapa, el agua que llega al floculador se ralentizará y principalmente hará que las sustancias químicas se mezclen por completo. Después de unos minutos, se agrega polielectrolito para formar más "flocs" con mayor peso para facilitar la sedimentación (López & Yánez, 2015).

2.4.2.3.3. Sedimentación

En esta etapa, la velocidad del agua se reduce para sedimentar las partículas "flocs" formadas en el proceso anterior. Aquí ingresa al tanque de sedimentación para que las partículas sean decantadas o separadas por la acción de la gravedad (Buch, 2017). Según el tipo de partículas removidas en cada unidad, se dividen en sedimentadores o decantadores estáticos, dinámicos y laminares.

Según Salamanca (2016) los principales decantadores son:

- **Decantadores estáticos:** En estas unidades suele producirse decantadores con caída libre.
- **Decantadores dinámicos:** Requieren una alta concentración de partículas para aumentar la posibilidad de acercamiento en la capa de lodo, con una agrupación de partículas del 10 al 20 % en volumen.
- **Decantadores laminares:** Son aquellos cuya eficiencia cae a medida que crece la carga en la superficie de la celda, asimismo depende de las particularidades del agua a tratar y del diseño del sedimentador.

2.4.2.3.4. Filtración

Al final de este proceso, el 10% restante de impurezas se pretende eliminar. En el proceso de filtrado la cantidad de agua varía según la cantidad de que se sedimente. Los

filtros incluyen arena especial para detener los sólidos más pequeños del agua (Buch, 2017).

2.4.2.3.5. Desinfección

Este es el proceso final de tratamiento del agua, que incluye la destrucción selectiva de organismos potencialmente infecciosos. Esto significa que no todos los organismos patógenos se eliminan en este proceso, por lo que requieren de procesos previos (como coagulación, sedimentación y filtración) para ser eliminados (Salamanca, 2016). Este proceso se lo puede realizar mediante desinfección con cloro, ozono o radiación ultravioleta que son explicadas a continuación:

- **Desinfección con cloro:** Lo que se hace en esta etapa es la desinfección, que utiliza cloro para garantizar la calidad del agua. Aquí se mezcla cloro gaseoso o solución de cloro que se preparó en la sala de cloración, esto se realiza en la entrada de agua filtrada y la cámara de contacto que se encuentra con cloro (López & Yánez, 2015).
- **Desinfección con ozono (O_3):** El tiempo de contacto necesario para desinfectar el agua es menor al cloro para que se dé la eliminación de patógenos. El O_3 es un gas tóxico que se obtiene al pasar el oxígeno que se halla en el aire a través de dos electrodos. Una inconveniente es que se deben utilizar desinfectantes auxiliares porque no puede mantener residuos en el agua. Es importante mencionar que este proceso tiene un costo muy alto (Salamanca, 2016).
- **Radiación ultravioleta (UV):** Es otro sistema de destrucción de bacterias y virus, muy eficaz, pero también requiere desinfectantes auxiliares. La radiación ultravioleta se puede utilizar en pequeños sistemas de tratamiento de agua porque es fácil de obtener, no produce desechos tóxicos, tiene un tiempo de contacto corto y el equipo es fácil de operar y mantener. La desventaja de este proceso es que no se puede utilizar para agua con alto contenido de sólidos en suspensión, turbidez, color o contenido orgánico, porque pueden reaccionar al absorber la luz ultravioleta, reduciendo así la eficacia de desinfección (Salamanca, 2016).

2.4.2.4. Almacenamiento

Se realiza este proceso para satisfacer la demanda de agua potabilizada. Además, ayuda a suplir la diferencia de presiones en unos lugares determinados a donde la red

doméstica no llega (López & Yánez, 2015).

2.5. Normativa Ambiental Vigente

2.5.1.1. Límite permitido

El valor de los requisitos determinados dentro del alcance de los conocimientos científicos y tecnológicos actuales no supondrá ningún riesgo importante para la salud humana (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2020).

2.5.1.2. Junta Administradora de Agua Potable

De acuerdo al artículo 43 de la LORHUyA (Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua), son organizaciones comunitarias sin fines de lucro que tienen como finalidad la prestación del servicio público de agua potable, si estas organizaciones también brindan servicios de saneamiento, se denominan Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento (ARCA, 2016).

2.5.1.3. Usuario

Es cualquier persona natural o jurídica de carácter público o privado que utilice agua directamente de una fuente natural o rede pública cuya acción pueda provocar una descarga directa o indirecta (Ministerio del Ambiente, 2015).

2.5.1.4. Acuerdo Ministerial 097-A

La propuesta de mejorar la calidad de agua para consumo humano considera el Acuerdo Ministerial 097-A vigente desde noviembre del 2015, la cual permite verificar que los requisitos físicos, químicos y microbiológicos del agua cruda se encuentren dentro del límite permitido; mismos que se encuentran detallados en la tabla 1-2.

2.5.1.4.1. Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico

Tabla 1-2: Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico

Parámetro	Expresado como	Unidad	Criterio de calidad
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Arsénico	As	mg/l	0,1
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	1000
Bario	Ba	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro	CN	mg/l	0,1
Cobre	Cu	mg/l	2
Color	Color real	Unidades de Platino - Cobalto	75
Cromo hexavalente	Cr +6	mg/l	0,05
Fluoruro	F	mg/l	1,5
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	<2
Hierro total	Fe	mg/l	1,0
Mercurio	Hg	mg/ l	0, 006
Nitratos	NO3	mg/ l	50,0
Nitritos	NO2	mg/ l	0,2
Potencial Hidrógeno	pH	unidades de pH	6-9
Plomo	Pb	mg/ l	0,01
Selenio	Se	mg/ l	0,01
Sulfatos	SO4 2	mg/ l	500
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/ l	0,2
Turbiedad	unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100,0

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2015).
Realizado por: Emily Paillacho

2.5.1.5. Norma Técnica Ecuatoriana - INEN 1108 Sexta revisión

La propuesta de mejorar la calidad de agua para consumo humano considera la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 Sexta revisión vigente desde abril del 2020, la cual permite verificar que los requisitos físicos, químicos y microbiológicos del agua tratada se encuentren dentro del límite permitido; mismos que se encuentran detallados en las tablas 2-2 y 3-2. Tomando en cuenta que el agua para consumo humano debe estar libre de sustancias toxicas y microorganismos para que no ocasione ningún tipo de riesgo para la salud humana.

2.5.1.5.1. Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano

El agua para consumo humano debe presentar un olor y sabor aceptables.

Tabla 2-2: Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano

Parámetro	Unidad	Límite permitido
Arsénico	mg/L	0,01
Cadmio	mg/L	0,003
Cloro libre residual	mg/L	0,3 a 1,5
Cobre	mg/L	2,0
Color aparente	Pt-Co	15
Cromo (cromo total)	mg/L	0,05
Fluoruro	mg/L	1,5
Mercurio	mg/L	0,006
Nitratos (como NO3−)	mg/L	50,0
Nitritos (como NO2−)	mg/L	3,0
pH	Unidades de pH	6,5 – 8,0
Plomo	mg/L	0,01
Turbiedad	NTU	5

Fuente: (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2020).
Realizado por: Emily Paillacho

2.5.1.5.2. Requisitos microbiológicos del agua para consumo humano

Tabla 3-2: Requisitos microbiológicos del agua para consumo humano

Parámetro	Unidad	Límite permitido
Coliformes fecales	Número/100 mL	Ausencia
Cryptosporidium	Número de quistes/ L	Ausencia
Giardia	Número de quistes/ L	Ausencia

Fuente: (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2020).
Realizado por: Emily Paillacho

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

La Isla es uno de los 22 barrios que conforma la parroquia de Yaruqui; se encuentra aproximadamente a 2650 msnm y tiene una temperatura promedio de 15 °C. Además, el uso y ocupación de suelo es agrícola residencial ya que corresponde a un área y asentamiento humano vinculada con las actividades agrícolas y forestales. Para el barrio La Isla beneficiario de este proyecto, la población según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) fue de 1390 habitantes en el último censo de población y vivienda realizado en noviembre del año 2010; para el año actual, la población proyectada es de 1781 habitantes.

El Barrio la Isla cuenta con 350 socios reconocidos por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) y su tasa de crecimiento anual zonal es de 2,8 %. Tiene una superficie aproximada de 1,25 km²; limita al norte con la Comuna Oyambaro y al sur con el Rio Guambi, al este con la carretera panamericana E35 Troncal de la Sierra y al oeste con las faldas del volcán inactivo Koturco.

La Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento La Isla (JAAPyS La Isla) es la entidad encargada de proporcionar agua potable; actualmente cuenta con una oficina en centro del barrio, misma que se encuentra junto al estadio. Cuenta con 350 socios reconocidos por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. La JAAPyS La Isla considera 3 sectores importantes en el barrio como es Arriba, Centro y Abajo para llevar un mejor control de su sistema de distribución del agua para consumo humano; dentro de los sectores mencionados se dividen en subsectores, siendo estos: Primero de Mayo, Concepción, San Francisco, San Nicolás, Papi Shungo, Pucara, Centro, San Andrés, San Lorenzo y San Sebastián.



Figura 1-3: Ubicación de la Planta de Tratamiento de Agua Potable La Isla
Fuente: Realizado por: Emily Paillacho

3.2. Diseño de investigación

La propuesta sobre el mejoramiento de la calidad de agua para consumo humano de la Junta Administradora de Agua y Potable y Saneamiento La Isla, corresponde a la línea de investigación de Gestión y Conservación Ambiental. Esta investigación corresponde al enfoque cualitativo ya que involucro procedimientos y cuestiones que cambiaron con el desarrollo de la propuesta. El diseño es exploratorio cualitativo documental ya que se analizó información bibliográfica mediante: libros, artículos, expedientes y normativa vigente; además se desarrolló entrevistas online para obtener datos importantes sobre el tratamiento de agua potable, misma que conto con veracidad (Horna, 2015). Para llevar a cabo el diseño de mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable, se requiero ser selectivos con la información a utilizar, de igual manera fue exacto los cálculos realizados.

3.3. Métodos de investigación

La presente propuesta de mejoramiento de calidad de agua para consumo humano, aplicó el método mixto y el método comparativo. A continuación, se detalla cada uno de ellos:

- Método mixto: Los métodos mixtos pueden ayudarnos a comprender los problemas en el área de estudio a través de la observación, medición y la investigación bibliográfica, estos casos involucran temas relacionados con estudios de caso y también brindan una referencia para encontrar soluciones de potabilización del agua cruda.
- Método comparativo: los métodos de comparación buscan obtener información de las diferentes indagaciones que se han realizado sobre el problema a tratar con el fin de determinar las similitudes y diferencias entre ellas. Una vez realizada la comparación, la mejor alternativa para el correcto tratamiento del agua potable.

3.3.1. Diagnóstico de la problemática existente en la planta de tratamiento de agua potable del barrio La Isla, mediante una revisión de las etapas de tratamiento, análisis físicos químicos y encuestas a la población servida.

En el diagnóstico de la problemática existente en la planta de tratamiento de agua potable barrio La Isla, se realizó dos visitas de campo en el mes de febrero con el acompañamiento de un técnico especializado de la empresa DSHOLAMBI S.A. y algunos dirigentes de la JAAPyS La Isla para tomar datos en la captación del agua cruda y también del agua que se distribuye a partir de la planta de tratamiento. En la captación se verificó el estado del tanque recolector, tanque con deflectores y el tanque de repartición del caudal; en la planta de tratamiento de agua potable se verificó el tanque de reserva, el sistema de cloración PROVITAB 3®, tanque de cloración, tanque de almacenamiento – distribución y el macromedidor.

Se tomó dos muestras de agua cruda en la entrada de la planta de tratamiento y dos muestras al consumidor final para pruebas bacteriológicas y pruebas físico químicas con la ayuda de un técnico especializado de la empresa DSHOLAMBI S.A., el día 29 de abril del presente año. Las muestras fueron ingresadas con cadena de custodia N° 0015046 analizadas según las especificaciones del Acuerdo Ministerial 097-A de

noviembre del 2015 para el agua cruda y la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2020 Sexta Revisión de abril del 2020 para el agua tratada en el laboratorio ALSECU S.A., acreditado por el SAE con Acreditación Nº SAE LEN 05-005.

Se tomó en total 4 muestras, 2 para agua cruda y 2 para agua de consumidor final. Tanto para agua cruda como agua de consumidor final se realizó el mismo procedimiento, considerando que una muestra fue para parámetros físico químicos y la otra para parámetros microbiológicos. Se usó guantes de látex desechables y se cuidó de que los bordes de los frascos no se contaminen. La primera muestra para prueba bacteriológica se realizó dejando correr el agua al menos 2 minutos, se tomó la muestra en un recipiente de 120 ml de polipropileno con tapa de rosca dejándolo llenar, tapándolo bien e identificándolo con el nombre del lugar y numero de muestra. En la segunda muestra para prueba físico química se dejó correr el agua al menos 2 minutos, se tomó en un envase de plástico de 1,5 litros de capacidad dejándolo llenar, tapándolo bien e identificándolo con el nombre del lugar y numero de muestra. Posterior, las muestras fueron transportadas al laboratorio. Es preciso mencionar que las muestras fueron tomadas y llevadas al laboratorio en condiciones adecuadas de temperatura, transporte y tiempo de muestras para pruebas bacterianas y físico químicas descritas en la Guía rápida para la vigilancia sanitaria del agua – Acciones para garantizar agua segura a la población detallado en las páginas 15 y 16 (OMS & OPS, 2013).

3.3.1.1. Agua cruda

Tabla 1-3: Información de la muestra de agua cruda

MATRIZ	**AGUA POTABLE**					
Código de laboratorio	**Código de muestra**	**Referencia**	**Fecha de muestreo**	**Hora de muestreo**	**Coordenadas**	**Observación**
24239-1	Muestra # 1	Agua Cruda	29 de abril de 2021	07: 35 a.m.	0º13'17" S 78º18'57" O 2760m Altitud	Ninguna Observación

Fuente: (ALS ECUADOR ALSECU S.A.,2021).
Realizado por: Emily Paillacho

Tabla 2-3: Parámetros analizados en la muestra de agua cruda

Parámetros analizados	Unidad
Potencial hidrógeno	U pH
Turbidez	NTU
Color aparente	Pt-Co
Coliformes fecales	NMP/100ml
Nitratos	mg/l
Nitritos	mg/l
Hierro	mg/l
Giardia lamblia(*)	Número de quistes/l
Arsénico	mg/l

Fuente: (ALS ECUADOR ALSECU S.A.,2021).
Realizado por: Emily Paillacho

3.3.1.2. Agua Consumidor Final

Tabla 3-3: Información de la muestra de agua consumidor final

MATRIZ	AGUA POTABLE					
Código de laboratorio	**Código de muestra**	**Referencia**	**Fecha de muestreo**	**Hora de muestreo**	**Coordenadas**	**Observación**
24239-2	Muestra # 2	Agua Consumidor Final	29 de abril de 2021	08: 25 a.m.	0º12'52" S 78º19'36" O 2620m Altitud	Ninguna Observación

Fuente: (ALS ECUADOR ALSECU S.A.,2021).
Realizado por: Emily Paillacho

Tabla 4-3: Parámetros analizados en la muestra de agua consumidor final

Parámetros analizados	Unidad
Potencial hidrógeno	U pH
Turbidez	NTU
Color aparente	Pt-Co
Coliformes fecales	NMP/100ml
Nitratos	mg/l
Nitritos	mg/l
Hierro	mg/l
Giardia lamblia(*)	Número de quistes/l
Arsénico	mg/l
Cloro libre	mg/l

Fuente: (ALS ECUADOR ALSECU S.A.,2021).
Realizado por: Emily Paillacho

Adicionalmente, se efectúo la medición de cloro residual y pH durante un mes desde el 22 de abril al 22 de mayo en los puntos establecidos por la JAAPyS La Isla. Para la verificar el cloro residual y pH del agua para consumo humano de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento la Isla se utilizó el método de comparador visual determinado en la Guía rápida para la vigilancia sanitaria del agua – Acciones para garantizar agua segura a la población, descrito en las páginas 109 y 110. Este método consiste en quitar los tapones amarillo y rojo del comparador visual, llenar

cada lado con la muestra de agua, adicionar 5 gotas de reactivo OTO (Ortolodina Ortolodina) de la tapa amarilla para medir el cloro residual y 5 gotas del reactivo Fenol Rojo de la tapa roja para medir el pH, después se debe tapar y agitar el comparador para que se mescle la muestra del agua y por último se debe comparar el color obtenido de la muestra con los colores que se encuentran en la columna de al lado (OMS & OPS, 2013). Para llevar el control del cloro residual y pH se adaptó en formulario Nº 3 "Control de cloro residual y análisis bacteriológico" descrito en la página 32 de guía ya mencionada.

Además, se consideró información como resultados de análisis de laboratorio e informes de la calidad del agua de años anteriores; estudios realizados en cuanto a la red de distribución y tanque de almacenamiento – distribución proporcionados por la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento La Isla. Igualmente se ejecutó encuestas online con preguntas cerradas sobre la calidad de agua que llega a los domicilios a una muestra de los socios de la JAAPyS La Isla con ayuda de un delegado de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento La Isla del 01 al 04 de junio del presente año, misma que se puede evidenciar en el Anexo 6. Es preciso mencionar que la encuesta se basó en una "Encuesta sobre la calidad en el servicio de agua potable en el barrio de Villon" realizada en el año 2017 por la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo de Perú.

$$n = \frac{N\ x\ p\ x\ q}{(N-1)\left(\frac{e}{z}\right)^2 + p\ x\ q}$$

n: Tamaño de la muestra

N: Universo o población en estudio

e: error (según el porcentaje al que se desee trabajar)

p: 0.5

q: 0.5

z: confianza (según el porcentaje)

3.3.2. Análisis de diferentes alternativas de potabilización del agua distribuida en el barrio La Isla, por medio de una revisión bibliográfica de documentos técnicos y normativas existentes.

En el análisis de las diferentes alternativas de potabilización del agua distribuida en el barrio La Isla, se realizó una revisión bibliográfica de documentos técnicos como "Guías para la calidad de consumo humano", "Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes" y los libros de "Abastecimiento de Agua Potable para Comunidades Rurales" e "Ingeniera Ambiental". En la siguiente tabla se describe las principales características de la literatura mencionada:

Tabla 5-3: Características de la literatura revisada para el análisis de diferentes alternativas de potabilización del agua

Título	Autores	País	Año
Guías para la calidad del agua de consumo humano	Organización Mundial de la Salud	Suiza	2018
Ingeniería ambiental	Javier Arellano y Jaime Guzmán	México	2011
Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes	Secretaría del Agua	Ecuador	1992
Abastecimiento de Agua Potable para Comunidades Rurales	Fredy Aguirre Morales	Ecuador	2015

Fuente: (Trabajo de investigación, 2021).
Realizado por: Emily Paillacho

Adicional se tuvo una reunión con una asistente técnica de la empresa DSHOLAMBI S.A., el día 28 de mayo del presente año, para sugerencias de alternativas de potabilización del agua para el barrio La Isla tomando en cuenta los resultados obtenidos de los parámetros físico químicos y microbiológicos del agua cruda y agua consumidor final.

3.3.2.1. Selección de alternativa

Las alternativas consideradas después de la revisión bibliografía y entrevistas con profesionales en el tema se ponderaron en la Matriz de Pugh.

3.3.2.1.1. Matriz de Pugh

La Matriz de Pugh es una herramienta que permite la comparación de varias opciones entre sí. Fue creada en 1990 por el británico Stuart Pugh y ayuda a la toma de decisiones especialmente en el diseño.

Tabla 6-3: Matriz de Pugh para la toma de decisiones

Matriz de Pugh				
Criterios	**Alternativas**	A1	A2	A3
C1				
C2				
C3				
C4				
C5				
Total				

Fuente: (Pugh,1990).
Realizado por: Emily Paillacho

En la ponderación de la Matriz de Pugh se consideró valores positivos, negativos y cero, mismos que son detallas en la tabla 7-3. Es preciso mencionar que el valor más alto se considera la mejor alternativa para el diseño; los valores con los que se llenan la tabla son puestos a criterio del autor; para este proyecto de investigación son costo de inversión, costo de mantenimiento y operación, espacio, eficiencia, cumplimiento de la normativa.

Tabla 7-3: Ponderación para la Matriz de Pugh

Ponderación	
+1	Si el criterio es bueno
-1	Si el criterio es malo
0	Si son similares

Fuente: (Pugh,1990).
Adaptado por: Emily Paillacho

3.3.3. Realización de una propuesta de mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable del barrio La Isla, a través del dimensionamiento de las principales operaciones unitarias.

Para la realización de la propuesta de mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento La Isla se consideró la mejor alternativa ponderada en la Matriz de Pugh.

3.3.3.1. Filtración

Para la operación unitaria de filtración para tratar el agua de consumo humano del barrio La Isla se consideró la asistencia técnica de la empresa DSHOLAMBI S.A. en cuanto a las especificaciones del equipo a instalar en la PTAP La Isla. Considerando los criterios de caudal medio diario, caudal máximo diario y caudal de tratamiento, cuyas formulas descritas a continuación, se encuentran en las "Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes" de la Secretaría del Agua de Ecuador.

3.3.3.1.1. Caudal medio diario

$$QMD = \frac{fx(PxD)}{86400}$$

f: Factor de fugas

P: Población al final del período de diseño

D: Dotación futura (lt/hab/día)

3.3.3.1.2. Caudal máximo diario

$$QMD = KMH * QMD$$

KMH: factor de mayoración máximo diario

QMD: Caudal medio diario

3.3.3.1.3. Caudal de tratamiento

$$Q\ trat. = QMD + 10\%$$

QMD: Caudal máximo diario

3.3.3.2. Desinfección

Para la operación unitaria de desinfección para tratar el agua para consumo humano del barrio La Isla se consideró los criterios de volumen de solución, volumen de periodo de recarga y caudal de dosificación, cuyas formulas descritas a continuación, se

encuentran en la “Guía técnica de tratamiento y desinfección del agua para consumo humano por medio de cloro” del Ministerio de Salud Pública de República de Guatemala.

3.3.3.2.1. Volumen de solución

$$v = \frac{VxD}{Cx10}$$

v: Volumen de solución de hipoclorito requerido en mililitros

V: Volumen de agua a desinfectar en l

D: Dosis a lograrse en mg/litro

C: concentración % de cloro disponible en la solución de hipoclorito

10: valor constante

3.3.3.2.2. Volumen periodo de recarga

$$V\ periodo\ de\ recarga = V\ x\ día$$

V: volumen de solución

Día: día de recarga

3.3.3.2.3. Caudal de dosificación

$$Q = \frac{Volumen}{tiempo}$$

Volumen: Volumen de periodo de recarga

Tiempo: día de recarga en min

CAPÍTULO IV

1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

1.1. Problemática existente en la planta de tratamiento de agua potable del barrio La Isla

1.1.1. Situación actual de la captación de agua cruda

La obra de captación del agua cruda proveniente de la vertiente denominada La Moya, se encuentra en el sector La Moya perteneciente a la parroquia de Pifo, cantón Quito, en las coordenadas UTM PSAD 56:9`974.558 N y 799.528 E, cota 2843 msnm.

1.1.1.1. Tanque recolector



Figura 2-4: Tanque de recolección de agua cruda
Fuente: (Emily Paillacho, 2021).

El tanque de hormigón sin pintar con tapa de acero inoxidable que recolecta el agua proveniente de la vertiente La Moya se encuentra en buen estado.

1.1.1.2. Tanque con deflectores



Figura 3-4: Tanque con deflectores por fuera
Fuente: (Emily Paillacho, 2021).



Figura 4-4: Tanque con deflectores por dentro
Fuente: (Emily Paillacho, 2021).

El tanque de hormigón con tapa de acero inoxidable se encuentra en buen estado, sin embargo, el recubrimiento de pintura por dentro se está deshaciendo, tomando en cuenta que el agua alcanza los 0.91 m desde la base del tanque. El tanque cuenta en su interior con 4 deflectores de acero inoxidable en buen estado para reducir la velocidad del caudal que posteriormente será repartido.

1.1.1.3. Tanque de repartición del caudal



Figura 5-4: Tanque de repartición del caudal por fuera
Fuente: (Emily Paillacho, 2021).



Figura 6-4: Tanque de repartición del caudal por dentro
Fuente: (Emily Paillacho, 2021).

El tanque de repartición de caudal de hormigón con tapa de acero inoxidable se encuentra en buen estado, sin embargo, el recubrimiento de pintura por dentro se está deshaciendo. La división del caudal se realiza a través de un vertedero triangular de acero inoxidable de 60º. En la visita se realizó el aforamiento del agua distribuida al barrio de estudio, dando un caudal promedio de 5.83 l/s y un pH de 7.2.

1.1.1.4. Conducción



Figura 7-4: Tubería elevada en el paso por la quebrada Apungura
Fuente: (Emily Paillacho, 2021).

El agua cruda es conducida a través de una tubería de 6” de diámetro, la misma se reduce en su trayecto a 110 mm y 90 mm en su tramo final, en dirección a la planta de tratamiento de agua potable La Isla. La conducción se realiza mediante tubería enterrada y en ciertos tramos el paso de servidumbre es forzoso y mediante pasos elevados debido a las quebradas existentes. Dicho trayecto tiene una longitud aproximada de 2000 m y cuenta con 9 válvulas en total, de las cuales seis son válvulas de expulsión de aire, una válvula check y dos de desfogue. El día de la visita dos válvulas de explosión de aire y una de desfogue se encontraron en mal estado.

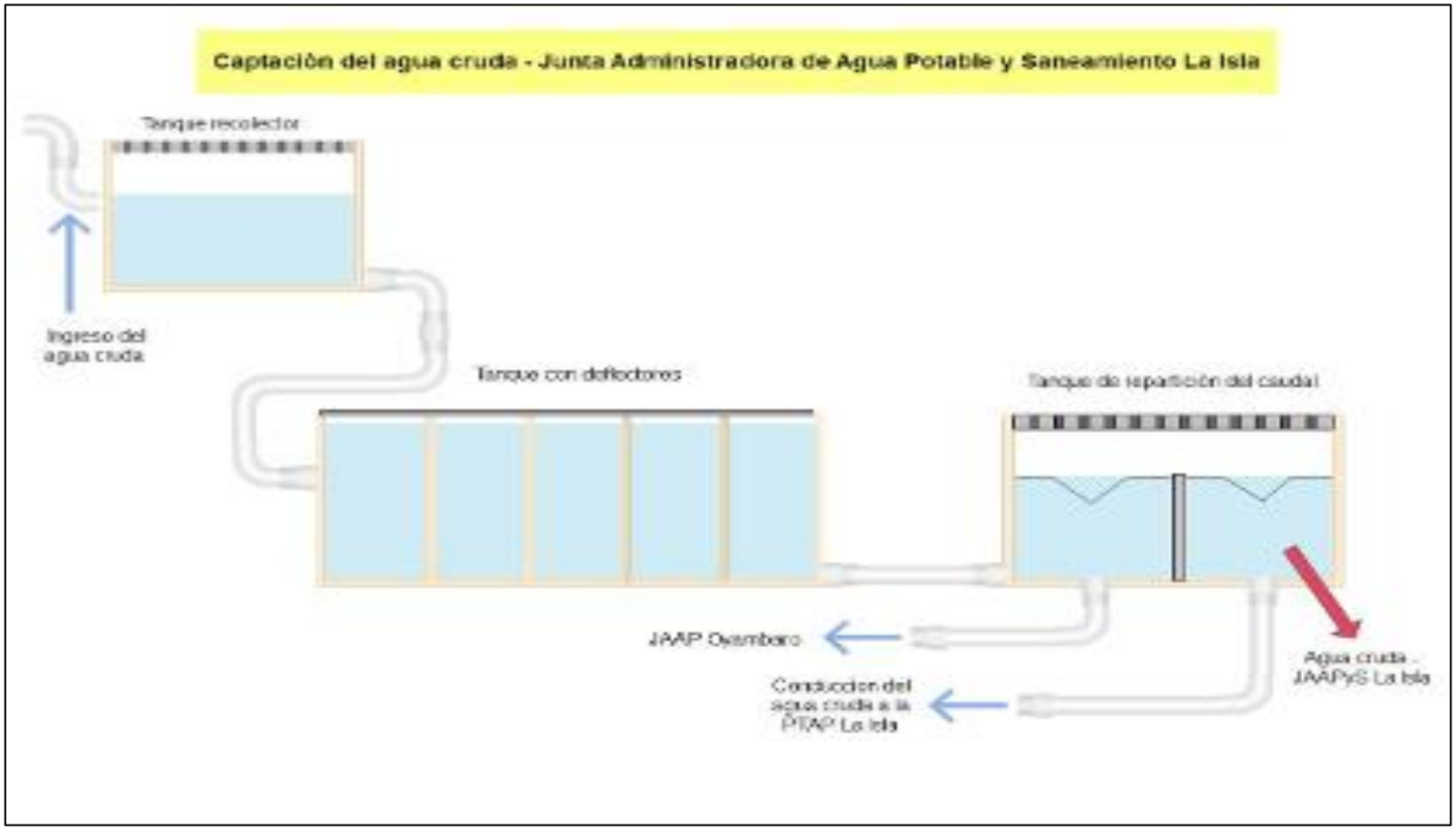


Figura 1-4: Esquema de captación de agua cruda de la JAAPyS La Isla
Fuente: Realizado por: Emily Paillacho

1.1.1. Situación actual de la planta de tratamiento de agua potable

La planta de tratamiento de agua potable de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento la Isla se encuentra en la parte alta del barrio La Isla, perteneciente a la parroquia Yaruqui, cantón Quito en las coordenadas en las coordenadas UTM 9`975522 N y 798792 E con una cota de 2270 msnm. La PTAP ocupa un área de 600 m², tiene dos accesos de puerta de metálica de malla y cuenta con cerramiento de ladridos pintada en la parte exterior, misma que necesita mantenimiento. Adicional en la visita para el agua cruda que ingresa se obtuvo un pH de 7.6 analizado en con el comparador visual y un valor de 0.73 mg/l de TDS medido digitalmente en un vaso de precipitación de 200 ml.

1.1.1.1. Sistema de cloración PROVITAB 3®



Figura 9-4: Sistema de cloración PROVITAB 3®
Fuente: (Emily Paillacho, 2021).

La cloración con el clorador PROVITAB 3® se realiza en un cuarto de 4 m² construido de ladrillos y pintado, la pintura necesita mantenimiento. El sistema de operación del clorador se deriva de la línea principal que ingresa a la PTAP en una tubería de 3/8 pulgada que pasa a un tanque de reserva de 250 litros para luego dirigirse al flujometro que regula la entrada del agua a las cámaras donde se ponen en contacto con las tabletas de PROVICHLOR TAB 3® para proporcionar la dosis adecuada de la misma. Por último, la solución clorada pasa al tanque clorador en una tubería de 3/8 pulgada.

1.1.1.2. Tanque de cloración



Figura 10-4: Tanque de cloración de la PTAP La Isla
Fuente: (Emily Paillacho, 2021).

El tanque de cloración construido de hormigón se encuentra en buen estado, sin embargo, la pintura exterior se tiene que dar mantenimiento; es preciso mencionar que por dentro no está pintado. El tanque tiene una capacidad 50 m³ que sirve para que el agua cruda se ponga en contacto con la solución clorada para que se logre la concentración de cloro deseada. En la visita realizada el agua que paso por el proceso de desinfección obtuvo un valor de pH de 7.2 y ausencia de cloro, considerando que estos dos parámetros fueron analizados en con el comparador visual; además se realizó la medición de Solidos Disueltos Totales en un vaso de precipitación de 200 ml obteniendo un valor de 0.76 mg/l de TDS, mismo que se midió digitalmente.

1.1.1.3. Tanque de almacenamiento - distribución



Figura 11-4: Tanque de almacenamiento – distribución de la PTAP La Isla
Fuente: (Autora, 2021).

El tanque de almacenamiento- distribución construido de hormigón se encuentra en buen estado, sin embargo, la pintura exterior se tiene que dar mantenimiento; es preciso mencionar que por dentro no está pintado. El tanque tiene una capacidad de 200 m³.

1.1.1.4. Macromedidor



Figura 12-4: Macromedidor de la PTAP La Isla
Fuente: (Autora, 2021).

El macromedidor se encuentra en la parte exterior de la PTAP, el mismo se encuentra en una caja de hormigón con su respectiva tapa de acero inoxidable en buen estado. Este dispositivo está instalado para medir el flujo de salida de agua tratada en la PTAP que al final del mes tiene que verse reflejada en la facturación total de los usuarios de la JAAPyS La Isla. El macromedidor mide un total de flujo promedio de 9137 m³ que sale de la Planta de Tratamiento de Agua Potable y Saneamiento La Isla durante el mes. A continuación, se detalla los valores registrados en los últimos 4 meses del presente año:

Tabla 1-4: Valores de lectura del macromedidor

Mes	Lectura	m³ consumidos en el mes
Febrero	39801 m³	-
Marzo	49021 m³	9220 m³
Abril	58148 m³	9127 m³
Mayo	67213 m³	9065 m³
	Promedio	9137 m³

Fuente: (JAAPyS La Isla, 2021).
Realizado por: Emily Paillacho

1.1.1.5. Bodega



Figura 13-4: Bodega de la PTAP La Isla
Fuente: (Emily Paillacho, 2021).

La bodega que se encuentra dentro de la PTAP La Isla tiene un área de 18 m^3, la misma es de ladridos y cuenta con una puerta de acero; además está pintada en la exterior, misma que necesita mantenimiento. En el interior se puede encontrar tubería de diferentes dimensiones, herramientas de trabajo, tanques con los cartuchos de PROVICHLOR TAB 3®, entre otros.

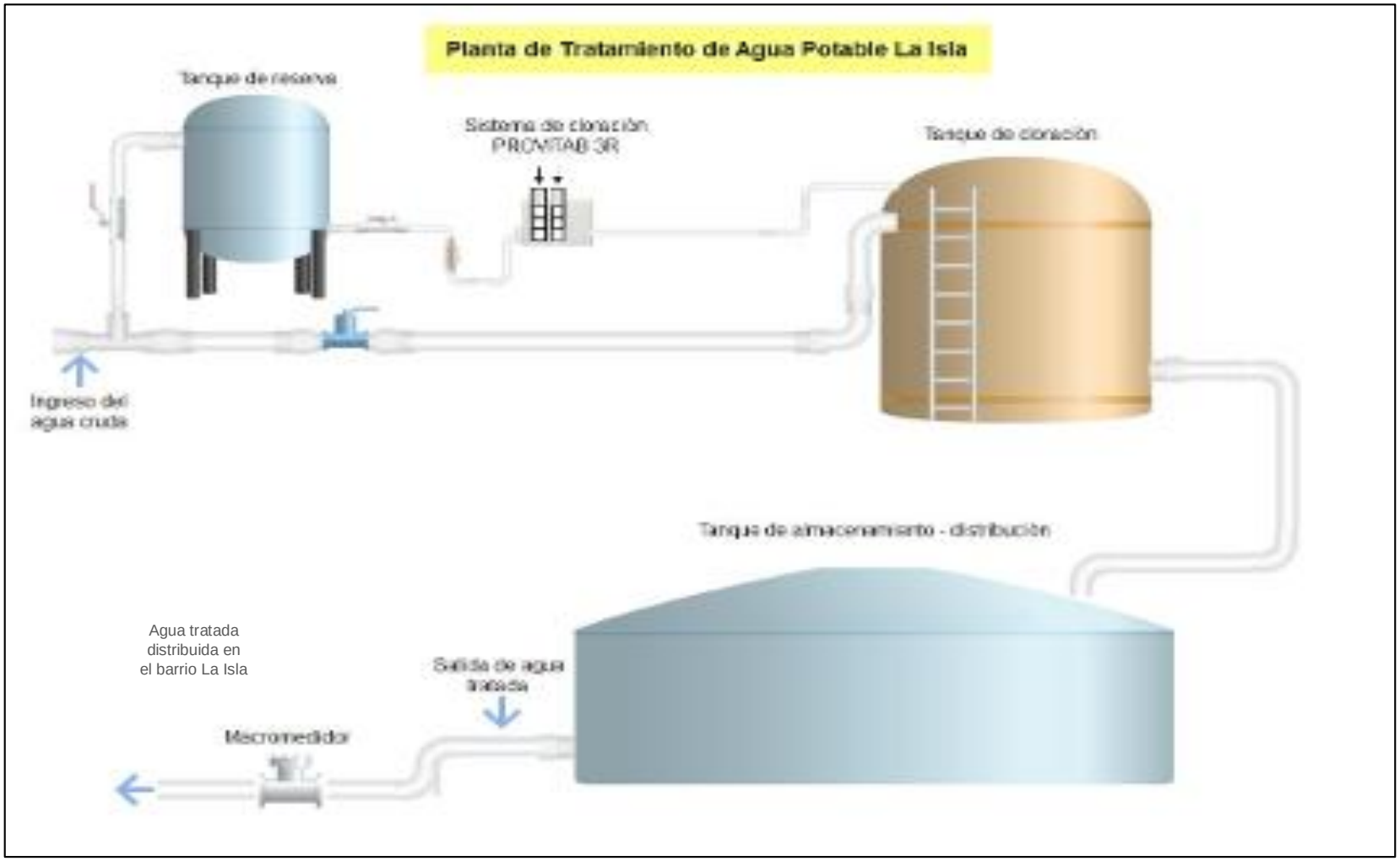


Figura 8-4: Esquema de potabilización del agua cruda de la JAAPyS La Isla
Fuente: Realizado por: Emily Paillacho

1.1.2. Análisis de laboratorio para muestras de agua cruda y agua consumidor final

1.1.2.1. Agua cruda

Según reporte de análisis físico químico y microbiológico "Muestra #1" el agua cruda que llega a la Planta de Tratamiento de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento La Isla cumple todos los parámetros analizados según tabla de criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico del Acuerdo Ministerial 097-A.

Tabla 2-4: Resultados obtenidos para agua cruda

Parámetros analizados	Unidad	24239-1 Muestra # 1	Incertidumbre (K=2)	Límite máximo permisible	Criterio de resultados
Potencial hidrógeno	U pH	6,66	± 0,11 U pH	6-9	CUMPLE
Turbidez	NTU	<4,0	± 0,8 NTU	100,0	CUMPLE
Color aparente	Pt-Co	<5,51	± 1,56 Pt-Co	75	CUMPLE
Coliformes fecales	NMP/100ml	<1,1	± 0,0 NMP/100ml	1000	CUMPLE
Nitratos	mg/l	3,15	± 0,23 mg/l	50,0	CUMPLE
Nitritos	mg/l	<0,010	± 0,002 mg/l	0,2	CUMPLE
Hierro	mg/l	0,14	± 0,0019 mg/l	1,0	CUMPLE
Giardia lamblia(*)	Número de quistes/l	0	-	NO APLICA	NO APLICA
Arsénico	mg/l	<0,008	± 0,00077 mg/	0,1	CUMPLE

Fuente: (ALS ECUADOR ALSECU S.A.,2021).
Realizado por: Emily Paillacho

1.1.2.2. Agua consumidor final

Según el reporte del análisis físico químico y microbiológico "Muestra #2", el agua que llega al consumidor de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento La Isla no cumple con el parámetro de cloro libre según Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2020 Sexta Revisión 2020-04 Agua Potable Requisitos.

Tabla 3-4: Resultados obtenidos para agua consumidor final

Parámetros analizados	Unidad	24239-2 Muestra # 2	Incertidumbre (K=2)	Límite máximo permisible	Criterio de resultados
Potencial hidrógeno	U pH	6,78	± 0,11 U pH	6,5 - 8,0	CUMPLE
Turbidez	NTU	<4,0	± 0,8 NTU	5	CUMPLE
Color aparente	Pt-Co	<5,51	± 1,56 Pt-Co	15	CUMPLE
Coliformes fecales	NMP/100ml	<1,1	± 0,0 NMP/100ml	AUSENCIA	CUMPLE
Nitratos	mg/l	2,91	± 0,23 mg/l	50,0	CUMPLE
Nitritos	mg/l	<0,010	± 0,002 mg/l	3,0	CUMPLE
Hierro	mg/l	0,16	± 0,0019 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
Giardia lamblia(*)	Número de quistes/l	0	-	AUSENCIA	CUMPLE
Arsénico	mg/l	<0,008	± 0,00077 mg/	0,01	CUMPLE
Cloro libre	mg/l	0,052	± 0,01 mg/l	0,3 a 1,5	NO CUMPLE

Fuente: (ALS ECUADOR ALSECU S.A.,2021).
Realizado por: Emily Paillacho

1.1.1. Control de cloro residual y pH

El comportamiento del cloro residual del agua para consumo humano de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento La Isla depende varios factores, uno de ellos es el nivel en el que se encuentra el flujometro del sistema PROVITAB 3®, también si las pastillas de cloro se han desintegrado por completo y automáticamente van descendiendo para la desinfección, este último tiene un grado de incidencia alto pues si el cartucho de tabletas de cloro esta contacto con el agua cruda en la cámara interna del sistema da una correcta desinfección caso contrario es cuando el agua cruda no entra en contacto con las tabletas PROVICHLOR TAB 3® y pasa directo al tanque de cloración. El pH se mantuvo en el límite máximo permisible durante el mes de análisis, es preciso mencionar que mientras más concentrado el cloro residual en el agua tratada, más alto será el valor de pH.

Tabla 4-4: Control de cloro residual y pH en el mes de abril

Control de Cloro Residual y pH de JAAPyS La Isla

Mes Abril **Año** 2021

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

	Día		J	V	S	D	L	Ma	Mi	J	V	
	Hora		8:50 a. m.	8:10 a. m.	7:50 a. m.	7:45 a. m.	7:50 a. m.	11:00 a.m.	10:45 a. m.	7:40 a. m.	17:00 pm	
Nº	**Lugar de la toma**	**Muestra agua**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**	
1	Tanque de distribución	Cloro Residual	3	Mínimo	No marca	Mínimo	0.5	1	3	No marca		-
		pH	7.5	7.2	Mínimo	7.2	7.2	7.2	7.5	7.2		-
2	Arriba	Cloro Residual	1	No marca	No marca	No marca	Mínimo	0.5	2	No marca		3
		pH	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2		7.5
3	Centro	Cloro Residual	Mínimo	No marca	No marca	No marca	No marca	No marca	0.5	No marca		1
		pH	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2		7.2
4	Abajo	Cloro Residual	No marca	No marca	No marca	No marca	No marca	No marca	No marca	No marca		Mínimo
		pH	7.8	7.8	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5		7.2
			Test kit - JAAPyS				Test kit - Autora: Emily Paillacho					
	Observaciones		Flujometro con embolo al mínimo				Flujometro con embolo en 1.5				Flujometro con embolo en 1.7	

Fuente: (Trabajo de campo, 2021).
Realizado por: Emily Paillacho

Tabla 5-4: Control de cloro residual y pH en el mes de mayo

Control de Cloro Residual y pH de JAAPyS La Isla

Mes Mayo **Año** 2021

	Día		S	D	L	Ma	Mi	J	V	S	D	L	Ma
	Hora		17:00 pm	7:20 a. m.	10:00 a. m.	15:30 pm	9:10 a. m.	12:05 p. m.	14:05 pm	18:15 pm	20:00 pm	15:00 pm	18:00 pm
Nº	**Lugar de la toma**	**Muestra agua**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	Tanque de distribución	Cloro Residual	-	-	3	Mínimo	5	+ 5	-	-	-	3	-
		pH	-	-	7.5	7.5	7.5	7.8	-	-	-	7.5	-
2	Arriba	Cloro Residual	-	-	2	No marca	4	5	3	-	-	2	+5
		pH	-	-	7.2	7.5	7.5	7.5	7.5	-	-	1.2	7.5
3	Centro	Cloro Residual	3	1	0.5	No marca	2	3	1	0.5	No marca	0.5	3
		pH	7.5	7.2	7.2	7.5	7.5	7.5	7.2	7.2	7.2	7.2	7.5
4	Abajo	Cloro Residual	-	-	Mínimo	No marca	0.5	2	Mínimo	-	-	No marca	1
		pH	-	-	7.5	7.5	7.2	7.2	7.2	-	-	7.5	7.2
	Observaciones						Test kit - Autora: Emily Paillacho Flujometro con embolo en 1.7						

Continua…

Continuación…

Tabla 5-4: Control de cloro residual y pH en el mes de mayo

Control de Cloro Residual y pH de JAAPyS La Isla

Mes Mayo **Año** 2021

	Día		Mi	J	V	S	D	L	Ma	Mi	J	V	S
	Hora		8:00 p. m.	15:05 pm	17:20 pm	21:00 pm	19:20 pm	18:15 pm	13:00 pm	7:15 p. m.	12:30 p. m.	16:10 p.m.	07:15 a.m.
Nº	**Lugar de la toma**	**Muestra agua**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**
1	Tanque de distribución	Cloro Residual	5	3	-	-	-	-	2	0.5	3	1	2
		pH	7.5	7.5	-	-	-	-	7.2	7.2	7.5	7.2	7.2
2	Arriba	Cloro Residual	4	2	5	-	-	3	0.5	Mínimo	2	0.5	1
		pH	7.5	7.5	7.5	-	-	7.5	7.2	7.5	7.2	7.2	7.2
3	Centro	Cloro Residual	3	1	3	5	2	0.5	Mínimo	No marca	0.5	Mínimo	0.5
		pH	7.5	7.2	7.5	7.5	7.2	7.2	7.5	7.2	7.2	7.5	7.2
4	Abajo	Cloro Residual	1	Mínimo	0.5	-	-	No marca	No Marca	No marca	Mínimo	No marca	No marca
		pH	7.2	7.2	7.2	-	-	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5

Observaciones: Test kit - Autora: Emily Paillacho; Flujometro con embolo en 1.5; Flujometro con embolo en menos de 1

Fuente: (Trabajo de campo, 2021).
Realizado por: Emily Paillacho

1.1.2. Calidad en el servicio de agua potable del barrio La Isla

La Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento La Isla es la entidad encarga de brindar un buen servicio del agua para consumo humano en el barrio. La JAAPyS Isla tiene 350 usuarios actualmente, siendo la muestra para esta población finita de 184 usuarios, a los cuales se realizó una encuesta que consto de 15 preguntas cerradas que son descritas a continuación:

$$n = \frac{350\ x\ 0.5\ x\ 0.5}{(350-1)\left(\frac{0.05}{1.96}\right)^2 + 0.5\ x\ 0.5}$$

$$n = 184$$

1.1.2.1. Género

Tabla 6-4: Género de los usuarios de la JAAPyS La Isla

Respuesta	Nº	%
Masculino	78	42.3
Femenino	106	57.7
Total	184	100 %

Fuente: (Trabajo de campo, 2021).
Realizado por: Emily Paillacho

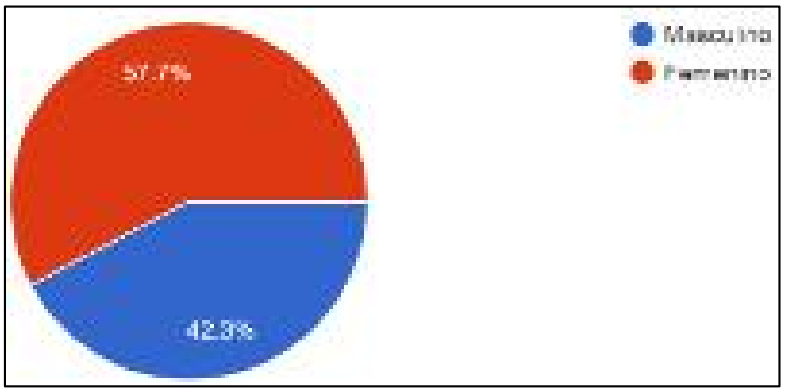


Figura 14–4: Gráfico de porcentajes de género de los usuarios de la JAAPyS La Isla
Fuente: Realizado por: Emily Paillacho

Interpretación: La mayoría de los usuarios de la JAAPyS La Isla son de género femenino, representando el 57.7 % (106 usuarios), y de género masculino un 42.5 % (78 usuarios).

1.1.2.2. Edad

Tabla 7-4: Rango de edades de los usuarios de la JAAPyS La Isla

Respuesta	Nº	%
18 a 30 años	83	45.1
31 a 50 años	65	35.2
51 a 60 años	26	14.1
Más de 60 años	10	5.6
Total	184	100 %

Fuente: (Trabajo de campo, 2021).
Realizado por: Emily Paillacho

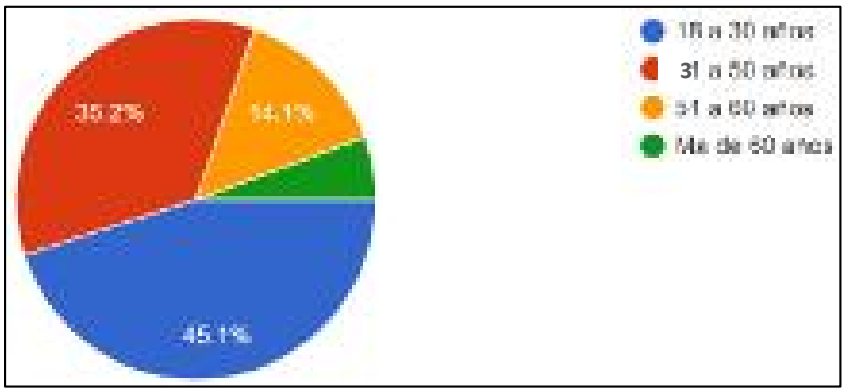


Figura 15–4: Gráfico de porcentajes de rango de edades de los usuarios de la JAAPyS La Isla
Fuente: Realizado por: Emily Paillacho

Interpretación: La mayoría de los usuarios de la JAAPyS se encuentran en el rango de 18 a 30 años con 45,1 % (83 usuarios), en segundo lugar, va de 31 a 50 años (65 usuarios), seguido de 51 a 60 años (26 usuarios) y en último lugar con un 5,6 % (10 usuarios) son mayores a 60 años.

1.1.2.3. Grado de instrucción

Tabla 8-4: Grado de instrucción de los usuarios JAAPyS La Isla

Respuesta	Nº	%
Primaria completa	21	11.3
Secundaria incompleta	23	12.7
Secundaria completa	65	35.2
Técnica	10	5.6
Superior	65	35.2
Total	184	100 %

Fuente: (Trabajo de campo, 2021).
Realizado por: Emily Paillacho

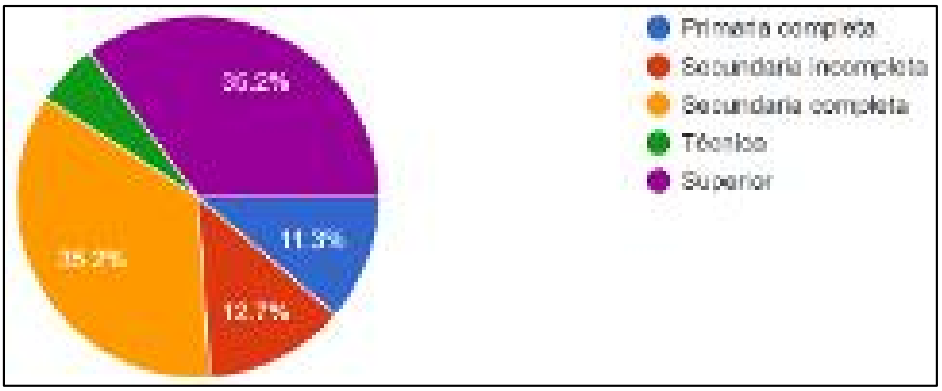


Figura 16–4: Gráfico de porcentajes de grado de instrucción de los socios de la JAAPyS La Isla
Fuente: Realizado por: Emily Paillacho

Interpretación: La mayoría de los usuarios de la JAAPyS La Isla tienen un nivel de instrucción de secundaria completa y superior ambas con un 35.2 % (65 usuarios), seguido de secundaria incompleta con 12.7 % (23 usuarios), en tercer lugar, primaria completa con 11.3 % (21 usuarios) y tan solo un 5.6 % (10 usuarios) es técnica.

1.1.2.4. Estado civil

Tabla 9-4: Estado civil

Respuesta	Nº	%
Soltero(a)	72	39.4
Divorciado(a)	8	4.3
Casado(a)	104	56.3
Viuda(o)	0	0
Total	184	100 %

Fuente: (Trabajo de campo, 2021).
Realizado por: Emily Paillacho

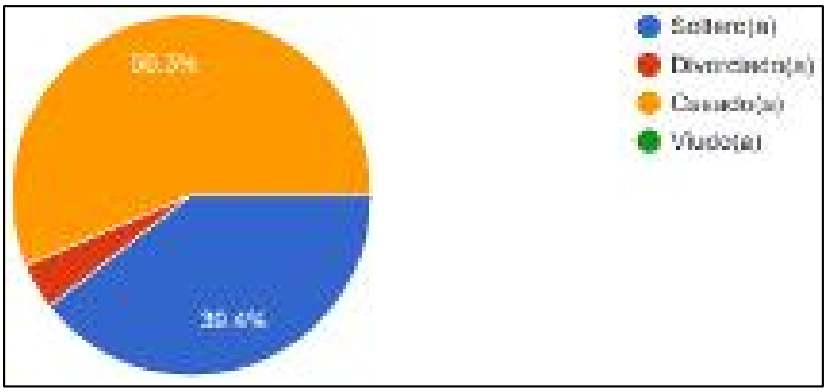


Figura 17–4: Gráfico de porcentajes de estado civil de los usuarios de la JAAPyS La Isla
Fuente: Realizado por: Emily Paillacho

Interpretación: El mayor porcentaje del estado civil de los usuarios de la JAAPyS La Isla corresponde a casado(a) siendo este el 56.3 % (104 usuarios), seguido de soltero(a) representando el 39.4 % (72 usuarios) y en tercer lugar divorciado(a) con 4.3 % (8 usuarios). Es preciso mencionar que para esta pregunta el estado civil de viudo(a) no obtuvo ninguna respuesta.

1.1.2.5. Ocupación económica

Tabla 10-4: Ocupación económica

Respuesta	Nº	%
Ama de casa	44	23.9
Empresario(a)	18	9.9
Comerciante	23	12.7
Empleado(a)	99	53.5
Total	184	100 %

Fuente: (Trabajo de campo, 2021).
Realizado por: Emily Paillacho

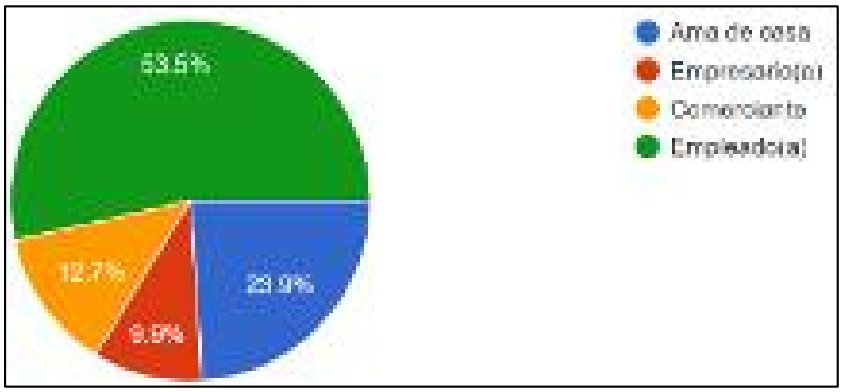


Figura 18–4: Gráfico de porcentajes de ocupación económica de los usuarios de la JAAPyS La Isla
Fuente: Realizado por: Emily Paillacho

Interpretación: La mayoría de los usuarios de la JAAPyS La Isla son empleados o empleadas, representado el 53.5 % (99 usuarios), ama de casa con 23.9 % (44 usuarios) constituyendo el doble de comerciante que es el 12.7 % (23 usuarios), por ultimo empresario(a) con 9.9 % (18 usuarios).

1.1.2.6. Cuantas personas viven en casa:

Tabla 11-4: Rango de personas que viven en una casa

Respuesta	Nº	%
1 a 4	132	71.8
5 a 8	47	25.4
Más de 8	5	2.8
Total	184	100 %

Fuente: (Trabajo de campo, 2021).
Realizado por: Emily Paillacho

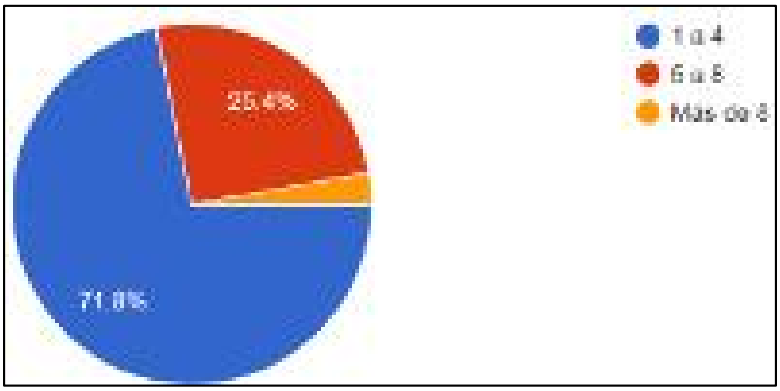


Figura 19–4: Gráfico de porcentajes de rango de personas que viven en los domicilios de los usuarios de la JAAPyS La Isla
Fuente: Realizado por: Emily Paillacho

Interpretación: En los domicilios de los usuarios de la JAAPyS La Isla viven de 1 a 4 personas, representado el 71.8 % (132 usuarios), seguido de 5 a 8 personas siendo el 25.4% (47 usuarios) y en lugar más de 8 personas el 2.8 % (5 usuarios).

1.1.2.7. ¿Cómo califica usted el servicio de agua potable?

Tabla 12-4: Calificación del servicio de agua potable

Respuesta	Nº	%
Mala	5	2.8 %
Regular	91	49.3 %
Buena	88	47.9 %
Total	184	100 %

Fuente: (Trabajo de campo, 2021).
Realizado por: Emily Paillacho

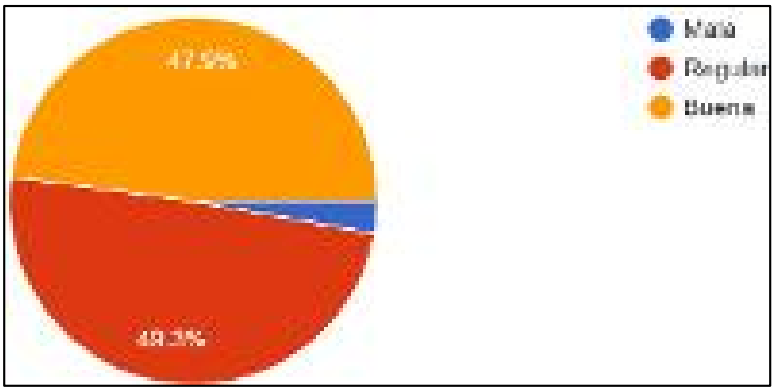


Figura 20–4: Gráfico de porcentajes de satisfacción en el servicio de agua potable de la JAAPyS La Isla
Fuente: Realizado por: Emily Paillacho

Interpretación: La mayoría de los usuarios de la JAAPyS La Isla califica al servicio de agua potable como regular, representado el 49.3 % (91 usuarios), seguido por buena con 47.9 % (88 usuarios) y un porcentaje pequeño del 2.8 % (5 usuarios) mala.

1.1.2.8. ¿Cuántas horas del día tiene servicio de agua potable?

Tabla 13-4: Horas al día de servicio de agua potable

Respuesta	Nº	%
1 a 8 horas	13	7
9 a 16 horas	34	18.3
17 a 24 horas	137	74.6
Total	184	100 %

Fuente: (Trabajo de campo, 2021).
Realizado por: Emily Paillacho

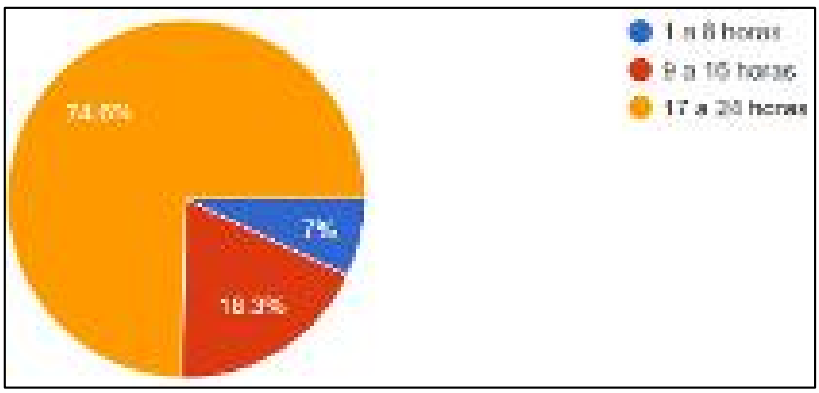


Figura 21–4: Gráfico de porcentajes de rango de horas que los socios de la JAAPyS La Isla tienen agua potable
Fuente: Realizado por: Emily Paillacho

Interpretación: El 74.6 % (137 usuarios) tiene de 17 a 24 horas el servicio de agua potable en el barrio La Isla, mientras que el 18.3 % (34 usuarios) de 9 a 16 horas, por ultimo tan solo un 7 % (13 usuarios) de 1 a 8 horas.

1.1.2.9. En caso de interrupción ¿Cuánto tiempo tarda para reponer el servicio?

Tabla 14-4: Tiempo para reponer servicio de agua potable

Respuesta	Nº	%
1 a 4 horas	130	70.4
5 a 9 horas	41	22.5
Más de 9 horas	13	7
Total	184	100 %

Fuente: (Trabajo de campo, 2021).
Realizado por: Emily Paillacho

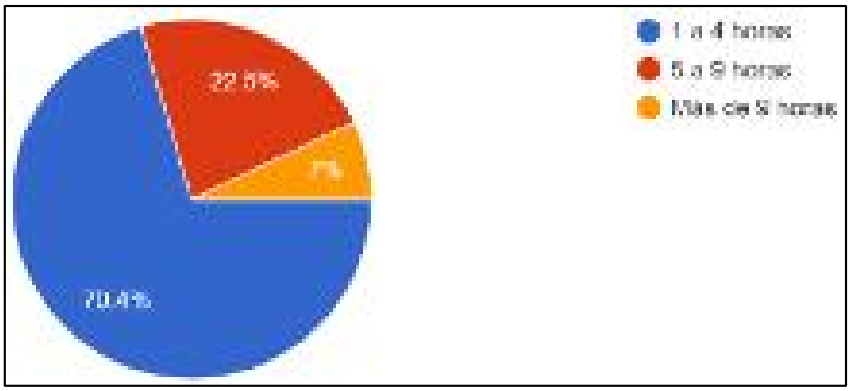


Figura 22–4: Gráfico de porcentajes de tiempo para reponer el servicio de agua potable de los socios de la JAAPyS La Isla en caso interrupción
Fuente: Realizado por: Emily Paillacho

Interpretación: La mayoría de los usuarios de la JAAPyS La Isla afirman que se tardan en reponer el servicio de agua potable en caso de interrupción de 1 a 4 horas, representando el 70.4 % (130 usuarios), mientras que 22.5 % (41 usuarios) de 5 a 9 horas, por ultimo solo un 7 % (13 usuarios) más de 9 horas.

1.1.2.10. ¿Ha existido rotura de la tubería en su sector?

Tabla 15-4: Rotura de la tubería

Respuesta	Nº	%
Si	130	70.4
No	54	29.6
Total	184	100 %

Fuente: (Trabajo de campo, 2021).
Realizado por: Emily Paillacho

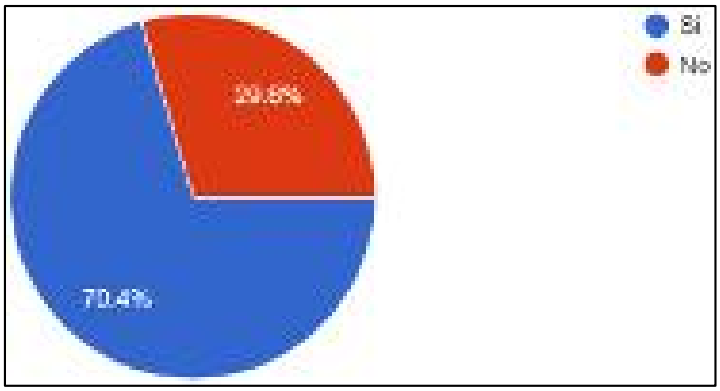


Figura 23–4: Gráfico de porcentajes de rotura de tubería en los sectores de la JAAPyS La Isla
Fuente: Realizado por: Emily Paillacho

Interpretación: La gran parte de los usuarios de la JAAPyS La Isla menciona que si ha existido rotura de tubería en su sector, representado el 70.4 % (130 usuarios) y tan solo el 29.6 % (54 usuarios) que no.

1.1.2.11. El agua llega con buena presión a su domicilio

Tabla 16-4: Agua llega con buena presión a su domicilio

Respuesta	Nº	%
Si	106	57.7
No	26	14.1
A veces	52	28.2
Total	184	100 %

Fuente: (Trabajo de campo, 2021).
Realizado por: Emily Paillacho

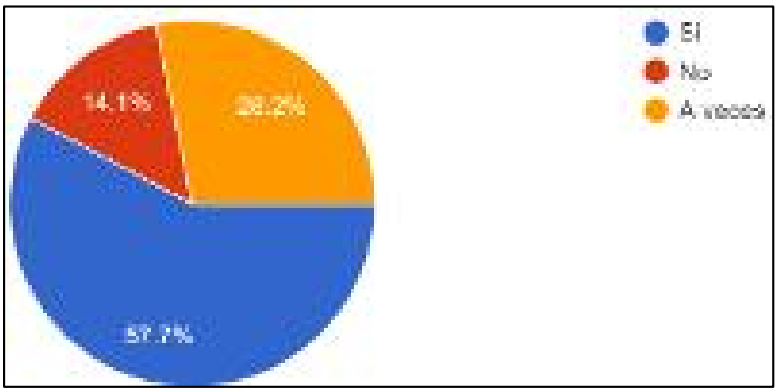


Figura 24–4: Gráfico de porcentajes de agua que llega con buena presión a los domicilios de los socios de la JAAPyS La Isla
Fuente: Realizado por: Emily Paillacho

Interpretación: El agua llega con buena presión al 57.7 % (106 usuarios) de los usuarios de la JAAPyS La Isla, seguido del 28.2 % (52 usuarios) en ocasiones y el 14.1 % (26 usuarios) que no.

1.1.2.12. ¿El agua que llega a su casa presenta turbidez?

Tabla 17-4: Agua llega a los domicilios presenta turbidez

Respuesta	Nº	%
Si	52	28.2
No	46	25.4
A veces	86	46.5
Total	184	100 %

Fuente: (Trabajo de campo, 2021).
Realizado por: Emily Paillacho

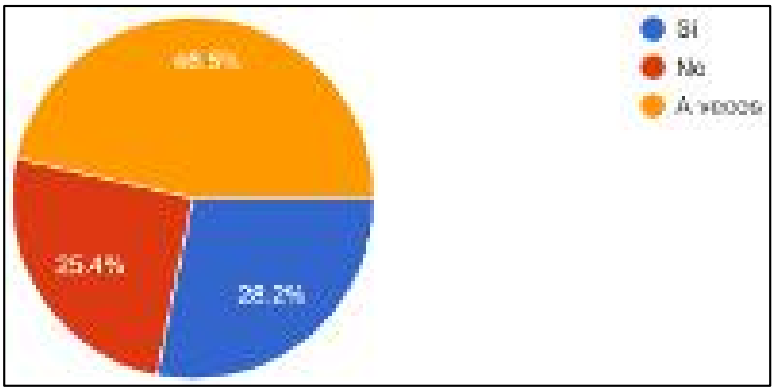


Figura 25–4: Gráfico de porcentajes del agua llega con turbidez a los domicilios de los socios de la JAAPyS La Isla
Fuente: Realizado por: Emily Paillacho

Interpretación: La mayoría de los usuarios de la JAAPyS La Isla en ocasiones le llega el agua con turbidez a sus domicilios, representando el 46.5 % (86 usuarios), el 28.2 % (52 usuarios) que si, por último, el 25.4 % (46 usuarios) que no.

1.1.2.13. ¿El agua que llega a su casa presenta olor desagradable?

Tabla 18-4: Agua llega a los domicilios presenta olor desagradable

Respuesta	Nº	%
Si	5	2.8
No	158	85.9
A veces	21	11.3
Total	184	100 %

Fuente: (Trabajo de campo, 2021).
Realizado por: Emily Paillacho

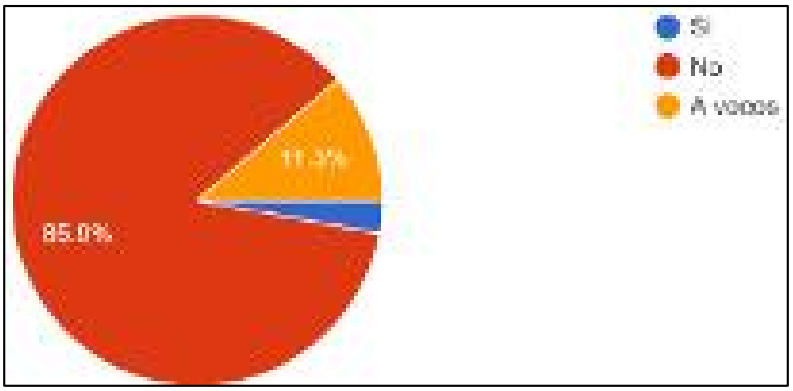


Figura 26–4: Gráfico de porcentajes de agua llega con olor desagradable a los domicilios de los socios de la JAAPyS La Isla
Fuente: Realizado por: Emily Paillacho

Interpretación: La mayoría de los usuarios de la JAAPyS La Isla no les llega el agua con olor desagradable a sus domicilios, representando el 85.9 % (158 usuarios), el 11.3 % (21 usuarios) en ocasiones, por último, el 2.8 % (5 usuarios) que sí.

1.2. Alternativas de potabilización del agua distribuida en el barrio La Isla.

Las alternativas de potabilización del agua distribuida en el barrio La Isla se propusieron considerando los resultados de laboratorio tanto para el agua cruda como el agua tratada (consumidor final). Las alternativas se ponderaron en la Matriz de Pugh considerando 3 alternativas y 5 criterios. A continuación, se detallan las alternativas y criterios:

1.2.1. Alternativas

1.2.1.1. A1: Filtración gruesa

Tratamiento A1: Filtración gruesa – Desinfección con gránulos de hipoclorito de calcio – Almacenamiento.

1.2.1.2. A2: Filtración lenta

Tratamiento A2: Filtración lenta en arena – Desinfección en flotadores con pastillas de hipoclorito de calcio – Almacenamiento.

1.2.1.3. A3: Filtración mixta

Tratamiento A3: Filtración mixta de grava, arena y carbón – Desinfección con hipoclorito de sodio a través de un dosificador hidráulico – Almacenamiento.

1.2.2. Criterios

1.2.2.1. C1: Costo de inversión

Costo de inversión: Al elegir la mejor alternativa se consideró que el costo de adquisición de sus materiales de construcción no es alto y que los materiales se pueden encontrar cerca a la ubicación de la Planta de Tratamiento de Agua Potable La Isla.

1.2.2.2. C2: Costo de mantenimiento y operación

Costo de mantenimiento y operación: Se debe considero que la alternativa seleccionada no incurrirá en costos de mantenimiento adicionales en un futuro próximo, además, los costos operativos son simples y no se requiere de equipo dedicado.

1.2.2.3. C3: Espacio

Espacio: El área ocupada por las operaciones unitarias no debe ser demasiado grande y también se debe considerar la disponibilidad del terreno en la Planta de Tratamiento de Agua Potable La Isla.

1.2.2.4. C4: Eficiencia

Eficiencia: Capacidad de las operaciones unitarias para tratar el agua cruda y convertirla en agua para consumo humano.

1.2.2.5. C5: Cumplimiento de la normativa vigente

Cumplimiento de la normativa vigente: Las operaciones unitarias deben cumplir con los límites máximos permitidos especificados en la Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2020 última revisión - Agua Potable Requisitos.

La alternativa con mayor puntaje es A3, siendo esta la mejor; considerando como tratamiento la filtración mixta de grava, arena y carbón, desinfección con hipoclorito de sodio a través de un dosificador hidráulico y por último el almacenamiento para mejorar la calidad del agua para consumo humano de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento La Isla. A continuación, se observa la Matriz de Pugh considerada para PTAP La Isla.

Tabla 19-4: Matriz de Pugh para PTAP La Isla

MATRIZ DE PUGH			
Criterios \ **Alternativas**	**A1**	**A2**	**A3**
C1	-1	-1	-1
C2	0	0	1
C3	-1	1	1
C4	0	0	1
C5	0	0	1
Total	-2	0	4

Fuente: (Trabajo de investigación, 2021).
Realizado por: Emily Paillacho

1.3. Propuesta de mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable del barrio La Isla.

La propuesta de mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable del barrio La Isla se la realizó en base a la mejor alternativa ponderada en la matriz de Pugh, la cual contempla tres operaciones unitarias como es la filtración, desinfección y almacenamiento. Tomando en cuenta que el agua a tratar va hacer distribuida en un área rural se propone una filtración mixta de grava, arena y carbón, desinfección líquida con hipoclorito de sodio mediante un dosificador hidráulico y almacenamiento del agua tratada presentada en la figura 27-4. A continuación, se detalla los principales criterios y especificaciones para la operación de filtración y desinfección, el almacenamiento no se dimensiona ya que la PTAP ya cuenta con esta operación.

1.3.1. Filtración

Para la filtración como operación de mejoramiento del agua de consumo humano de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento La Isla, se consideró los siguientes criterios detallados a continuación:

1.3.1.1. Caudal medio diario

Considerando un 20 % de pérdidas y una dotación de 180 l/hab/día obtenidos del Informe Técnico No. SDHE-APyS-059-2017 proporcionado por la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento La Isla, dando como resultado un caudal medio diario de 4.45 l/día para la Planta de Tratamiento de Agua Potable La Isla.

$$QMD = \frac{fx(PxD)}{86400}$$

$$QMD = \frac{1.20\ x\ (1781\ hab\ x180\ l/hab/día)}{86400}$$

$$QMD = 4.45\ l/s$$

1.3.1.2. Caudal máximo diario

El factor de mayoración máximo diario se consideró 1.25, dato obtenido del Informe Técnico No. SDHE-APyS-059-2017 proporcionado por la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento La Isla, dando como resultado un caudal máximo diario de 5.56 l/s para la Planta de Tratamiento de Agua Potable La Isla.

$$QMD = KMH * QMD$$

$$QMD = 1.25 * 4.45\ l/s$$

$$QMD = 5.56\ l/s$$

1.3.1.3. Caudal de tratamiento

El caudal de tratamiento obtenido para la Planta de Tratamiento de Agua Potable La Isla es de 6.12 l/s.

$$Q\ trat. = QMD + 10\%\ QMD$$

$$Q\ trat. = 5.56\ l/s + 0{,}56$$

$$Q\ trat. = 6.12\ l/s$$

1.3.1.4. Filtro de lecho mixto de grava, arena y carbón

El caudal de tratamiento para la Planta de Tratamiento de Agua Potable La Isla es 6.12 l/s, es por ello que se considera un filtro de lecho mixto de grava, arena y carbón con las siguientes características detallas en la tabla 20-4.

Tabla 20-4: Especificaciones del filtro de lecho mixto de grava, arena y carbón

Especificaciones del equipo	
Modelo	DH-04
Capacidad	8 litros
Material	Láminas de acero con carbón normalizados, la superficie interior es cubierta con pintura epóxica grado alimenticio y en el exterior con pintura anticorrosiva.
Diámetro	0.75 m.
Altura	1.22 m.
Presión de trabajo	50 psi.
Accesorios	Exteriormente consta del juego completo de tuberías y válvulas necesarias para las operaciones de filtrado, lavado y enjuague, manómetro base, purga de aire y boca de inspección.
Material de relleno	En su interior contiene un lecho de grava, arena y carbón activado.

Fuente: (DSHOLAMBI S.A.,2021).
Realizado por: Emily Paillacho

A continuación, se presenta como está conformado por dentro el material de relleno del filtro de lecho mixto grava, arena y carbón con capacidad de 8 litros:

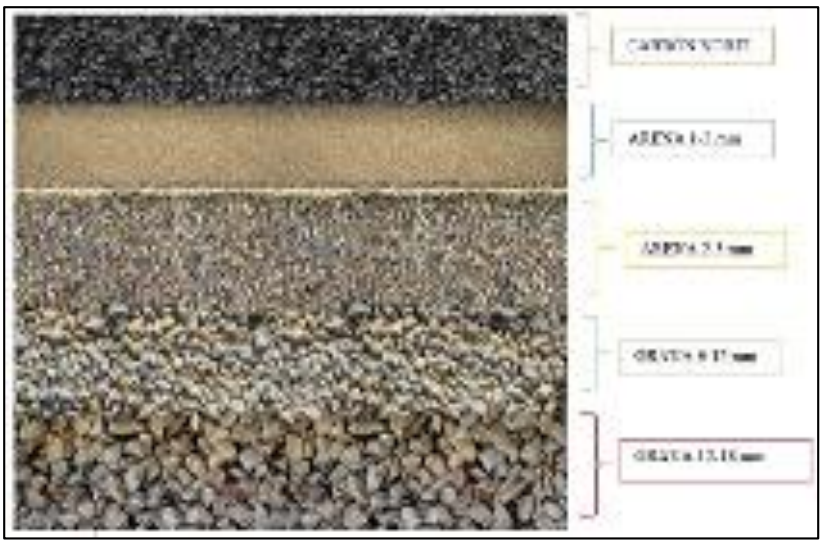


Figura 27-4: Material de relleno del filtro mixto de grava, arena y carbón
Fuente: Realizado por: Emily Paillacho

1.3.2. Desinfección

En la Planta de Tratamiento de Agua Potable y Saneamiento La Isla se consideró la desinfección con hipoclorito de sodio (NaClO) a través de un dosificador hidráulico ya que la PTAP no cuenta con luz eléctrica. A continuación, se detalla los principales aspectos a tener en cuenta:

1.3.2.1. Volumen de solución

$$V = \frac{V\ x\ D}{C\ x\ 10}$$

$$V = \frac{200000\ l\ x\ 1{,}5}{6\ x\ 10}$$

$$V = 5000\ ml\ NaClO$$

1.3.2.2. Volumen de periodo de recarga

$$V\ periodo\ de\ recarga = V\ x\ día$$

$$V\ Periodo\ de\ recarga = 5000\ ml\ x\ 7$$

$$V\ Periodo\ de\ recarga = 35000\ ml$$

$$V\ Periodo\ de\ recarga = 35000\ ml \left|\frac{0.001\ l}{1\ ml}\right| = 35\ l$$

1.3.2.3. Caudal de dosificación

$$Q = \frac{Volumen}{tiempo}$$

$$Q = \frac{35000\ ml}{10080\ min}$$

$$Q = 3.47\ ml/min$$

$$Q = \ 3.47\ \frac{ml}{min} \left|\frac{0.001\ l}{1\ ml}\right| \left|\frac{60\ min}{1\ h}\right| = 0.21\ \frac{l}{h}$$

1.3.2.4. Dosificador hidráulico

El dosificador hidráulico considerado para mejorar la calidad de agua para consumo humano del barrio La Isla tiene la siguiente función fundamental, pasar del agua pre tratada, aunque sea una pequeña cantidad, la cual actuará sobre el pistón motor que mueve el pistón dosificador, en este último paso aspira el producto y lo entrega al agua de la tubería que pasara almacenarse. A continuación, en la tabla 21-4 se detallan las características del equipo.

Tabla 21-4: Especificaciones del dosificador hidráulico

Especificaciones del equipo	
Modelo	Dosatron
Solución inyectada con caudal mínimo	0.02 l/h a 40 l/h
Altura de aspiración máxima	4 m
Presión media	1.4 bar
Temperatura máxima de funcionamiento	40º C
Homogeneizador	Incorporado
Filtro de protección motor	Incorporado 350 microns
Tubo de aspiración completo	Longitud 120 cm
	Diámetro interior/exterior 6x9 mm
Soporte	Manual
Dimisiones exteriores	Diámetro 11 x Anchura 16 x Altura 48,5 cm

Fuente: (Aguamarket, 2021).
Realizado por: Emily Paillacho

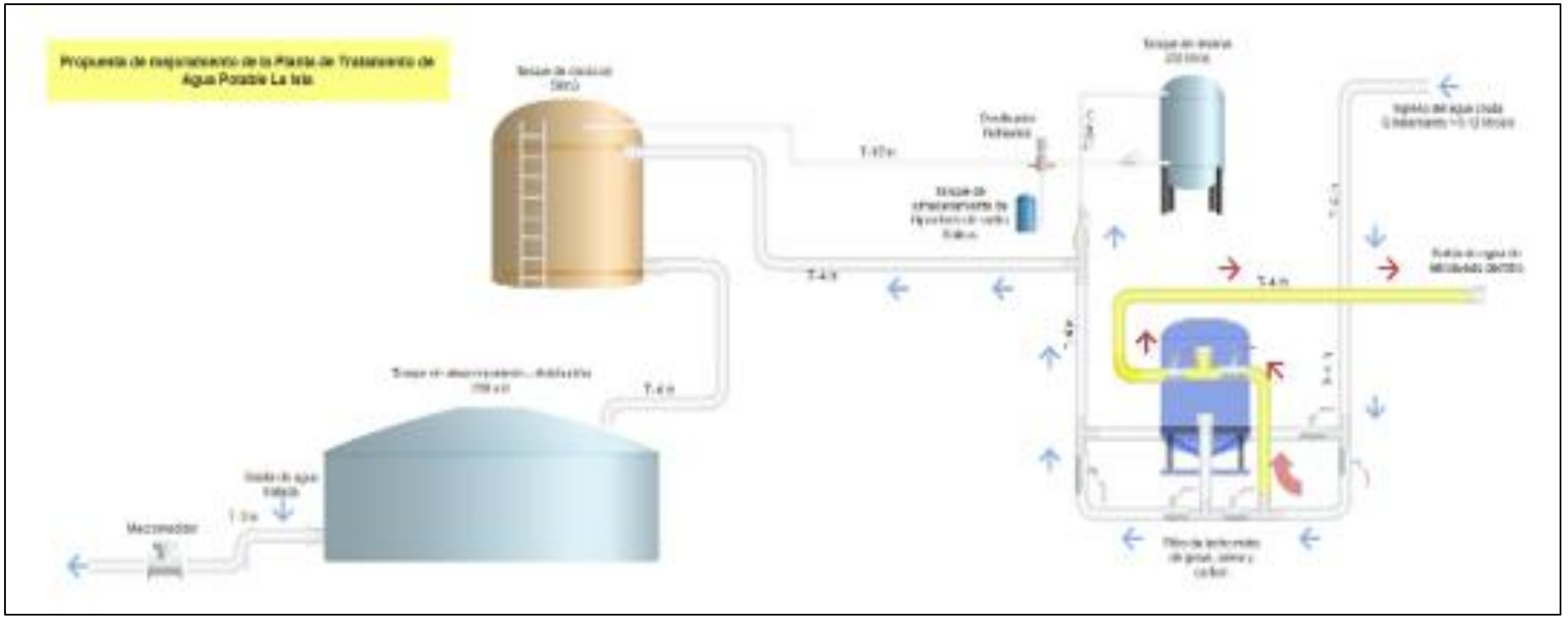


Figura 27-4: Esquema de mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable La Isla
Fuente: Realizado por: Emily Paillacho

1.3.3. Análisis económico

Para el análisis económico se basó en dos cotizaciones a dos empresas que tienen los equipos analizados para mejorar la calidad de agua para consumo humano del barrio La Isla, la primera para el filtro de lecho mixto de grava, arena y carbón a la empresa ecuatoriana DSHOLAMBI S.A. ubicada en la parroquia Sangolqui perteneciente al cantón Rumiñahui de la provincia de Pichincha y la segunda para el dosificador hidráulico a la empresa chilena AGUAMARKET que cuenta en una oficina en cantón Quito, provincia de Pichincha; las cotizaciones se pueden evidenciar en los Anexos 7 y 8. A continuación se detalla en la tabla 22-4 el costo total para mejorar el tratamiento del agua potable del barrio La Isla.

Tabla 22-4: Análisis económico

Análisis económico	
Equipo	**Precio**
Filtro de lecho mixto de grava, arena y carbón	$ 10500
Dosificador hidráulico	$ 755
Total	$ 11255

Fuente: (Aguamarket, 2021), (DSHOLAMBI S.A., 2021).
Elaborado por: Emily Paillacho

CONCLUSIONES

- La planta de tratamiento de agua potable del barrio La Isla tiene como tratamiento solo la cloración mediante el sistema PROVITAB 3®, mismo no ayuda a que se cumpla con el parámetro de cloro libre según Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2020 Sexta Revisión 2020-04 Agua Potable Requisitos, en cuanto al tanque de cloración y el de almacenamiento – distribución necesitan mantenimiento de la pintura exterior; además la mayoría de los consumidores del agua tratada de la JAAPyS La Isla han calificado como regular el servicio del mismo (49.3 %), tienen de 17 a 24 horas diarias de agua tratada (74.6 %), tardan en reponer el servicio de 1 a 4 horas en caso de interrupción (70.4 %), si ha existido rotura de tubería en su sector (70.4 %), llega con buena presión (57.7 %), en ocasiones presenta turbidez (46.5 5) y no se percibe un olor desagradable (85.4 %) el agua que llega a los domicilios; en cuanto a la instalación de la captación del agua cruda se encuentra en buen estado la parte exterior, sin embargo al interior se evidencio el desprendimiento de la pintura.
- Se analizó tres alternativas de potabilización del agua para consumo humano para Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento La Isla ponderadas en la Matriz de Pugh; considerando cinco criterios como son el costo de inversión, costo de mantenimiento y operación, espacio, eficiencia, cumplimiento de la normativa vigente; obteniendo la mejor alternativa para potabilizar el agua del área rural en estudio la filtración de lecho mixto de grava, arena y carbón, desinfección con hipoclorito de sodio mediante un dosificador hidráulico y almacenamiento con una ponderación de 4.
- Para la propuesta de mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable del barrio La Isla se consideró un filtro de lecho mixto de grava, arena y carbón con capacidad de 8 litros tomando en cuenta el caudal de tratamiento de 6.12 l/s, también la desinfección con hipoclorito de sodio mediante un dosificador hidráulico con capacidad de inyectar un caudal mínimo de solución de 0.02 l/h a 40 l/h tomando en cuenta el caudal de dosificación de 0.21 l/h, es precioso mencionar que para poner en funcionamiento estas operaciones unitarias que mejoraran la calidad de agua para consumo humano se necesita $ 11255.

RECOMENDACIONES

- Pintar con pintura epóxica grado alimenticio el interior del tanque con deflectores, tanque de repartición, tanque de cloración y tanque de almacenamiento – distribución de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento La Isla.
- La Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento La Isla proporcionará todo el equipo de protección personal necesario al operador para la realización de revisión y mantenimiento de las operaciones unitarias de la planta de tratamiento, también se encargará de la capacitación constante del operador para mejorar la eficiencia en su trabajo.
- Para mediciones exactas de cloro libre que llega a los domicilios de los consumidores se adquirirá por parte de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento La Isla un medidor digital de cloro libre.

BIBLIOGRAFÍA

Aguirre, F. (2015). *Abastecimiento de Agua Potable para Comunidades Rurales.* Ecuador: UTMACH. doi:978-9978-316-37-5

Almargo, A., & Esperanza, S. (febrero de 2015). *Repositorio EPN.* Recuperado el mayo de 25 de 2021, de Diseño de un sistema de gestion de agua potable, alcantarillado y residuos sólidos en la parroquia Cuyuja - Napo.

ARCA. (2016). *Agencia de Regulacion y Control del Agua.* Recuperado el mayo de 30 de 2021, de Regulacion Nro. DIR - ARCA - RG -002 -2016: http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/04/reg_02.pdf

ARCA. (2016). *AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DEL AGUA.* Recuperado el 11 de mayo de 2021, de REGULACIONES EMITIDAS POR LA AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DEL AGUA: http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/04/reg_03_bn.pdf

Arellano, J., & Guzman, J. (2011). *Ingenieria Ambiental* (Vol. 1). (A. Grupo, Ed.) Mexico. doi:978-607-707-233-1

Balcazar, M. A., & Quijije, J. H. (21 de octubre de 2015). *Academia.* Recuperado el 12 de mayo de 2021, de Academia: https://www.academia.edu/17323886/CONCEPTO_Y_DEFINICION_DE_MEDIO_AMBIENTE

Buch, W. (04 de diciembre de 2017). *AQUASISTEMAS.* Recuperado el 03 de febrero de 2021, de AQUASISTEMAS Tecnologia y Confort en Agua: https://aquasistemas.com.gt/sin-categoria/el-proceso-o-etapas-para-potabilizar-el-agua#:~:text=El%20proceso%20o%20etapas%20para%20potabilizar%20el%20agua%20est%C3%A1n%20compuestos,%2C%20filtraci%C3%B3n%2C%20cloraci%C3%B3n%20y%20almacenamiento.

Comisión Nacional del Agua. (09 de octubre de 2019). *Gobierno de Mexico.* Recuperado el 04 de mayo de 2021, de Sistema Nacional de Información del Agua (SINA): https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/agua-en-el-mundo

ENCA. (septiembre de 2016). *Estrategia Nacional de Calidad del Agua.* Recuperado el 11 de mayo de 2021, de ENCA: https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf

Larraga, B. (2016). *Repositorio PUCE.* Recuperado el 05 de junio de 2021, de Repositorio PUCE: http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13464/BOL%C3%8DVAR%20PATRICIO%20L%C3%81RRAGA%20JURADO_.pdf?sequence=1&isAllowed=y

López, C. C., & Yánez, V. E. (2015). *UNIVERSIDAD DE CUENCA.* Recuperado el 13 de mayo de 2021, de ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA: http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22285/1/Tesis.pdf

Mejía, A., Castillo, O., & Vera, R. (2016). *Agua potable y saneamiento en la nueva ruralidad de América Latina* (Ana Geréz ed.). (CAF, Ed.) Bogota, Colombia: Panamericana Formas e Impresos. doi:978-980-422-038-8

Ministerio del Ambiente. (04 de noviembre de 2015). *Gob.ec Portal Unico de Tramites Ciudadanos.* Recuperado el 22 de julio de 2021, de Acuerdo Ministerial 097-A, Anexos de Normativa, REFORMA LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE.

Ministerio del Ambiente. (04 de noviembre de 2015). *Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Informaciòn* . Recuperado el 11 de junio de 2021, de Acuerdo Ministerial 097-A: https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf

Naciones Unidas. (2016). *Naciones UnidasInforme de los Objetivos de Desarollo Sostenible.* Naciones Unidas, New York. Recuperado el 01 de junio de 2021, de https://unstats.un.org/sdgs/report/2016/the%20sustainable%20development%20goals%20report%202016_spanish.pdf

Organización Mundial de la Salud. (2018). *Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la* (Cuarta ed.). Suiza. doi:978-92-4-354995-8

Organización Panamericana de la Salud. (2013). *Guía rápida para la vigilancia sanitaria del aguaagua. Acciones para garantizar agua segura a la población.* Santo Domingo, República Dominicana. doi:978-92-75-31832-4

Salamanca, E. (2016). Tratamiento de aguas para el consumo humano. *Módulo Arquitectura CUC, 17*(1), 29-48. Recuperado el 12 de mayo de 2021, de https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/2488/Tratamiento%20de%20aguas%20para%20el%20consumo%20humano.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Secretaria del Agua. (1992). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES.* Ecuador. Recuperado el 20 de junio de 2021

Senplades. (2017 de septiembre de 2017). *Secretaría Técnica Planifica Ecuador.* Recuperado el 05 de mayo de 2021, de Secretaría Técnica Planifica Ecuador: https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf

Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2020). *NTE INEN 1108 REQUISITOS AGUA PARA CONSUMO HUMANO.* Quito, Pichincha, Ecuador. doi:13.060.20

Triana, E. J., & Briceño, C. A. (abril de 2017). *Repositorio Uviversidad Catolica de Colombia.* Recuperado el 18 de junio de 2021, de Repositorio Uviversidad

Catolica de Colombia: https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14556/1/DISE%C3%91O%20Y%20CONSTRUCCION%20DE%20UNA%20PLANTA%20MODELO%20DE%20TRATAMIENTO%20PARA%20LA%20POTABILIZACION%20DE%20AGUA.pdf

Triana, E. J., & Briceño, C. A. (abril de 2017). *UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA.* Recuperado el 10 de mayo de 2021, de DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA PLANTA MODELO DE TRATAMIENTO PARA LA POTABILIZACION DE AGUA, SE DISPONDRA EN EL LABORATORIO DE AGUAS DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA: https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14556/1/DISE%C3%91O%20Y%20CONSTRUCCION%20DE%20UNA%20PLANTA%20MODELO%20DE%20TRATAMIENTO%20PARA%20LA%20POTABILIZACION%20DE%20AGUA.pdf

UNESCO. (2015). *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.* Recuperado el 03 de mayo de 2021, de Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015: http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf

Velasco, L. (2016). *Repositorio ESPCH.* Recuperado el 15 de mayo de 2021, de OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTOS DE AGUA POTABLE DEL CANTON MOCHA.

ANEXOS

Anexo 1: Aceptación del proyecto de investigación



Aceptación para la realizar el proyecto de investigación en la JAAPyS La Isla

Anexo 2: Primera visita de campo



Primera visita de campo a la PTAP La Isla



Aforamiento en la PTAP La Isla



Medición de cloro libre y pH en la visita de campo a la PTAP La Isla



Medición de sólidos disueltos totales en la visita de campo a la PTAP La Isla

Anexo 3: Segunda visita de campo



Segunda visita de campo a la captación del agua cruda de la JAAPy S La Isla



Aforamiento en la captación del agua cruda de la JAAPyS La Isla



Medición de pH en la visita de campo a la captación del agua cruda de la JAAPyS La Isla

Anexo 4: Medición de cloro residual y pH



Medición de cloro residual y pH durante un mes en la PTAP La Isla



Medición de cloro residual y pH durante un mes en la parte alta del barrio La Isla



Medición de cloro residual y pH durante un mes en el centro del barrio La Isla



Medición de cloro residual y pH durante un mes en la parte baja del barrio La Isla

Anexo 5: Toma de muestras



Participantes en la toma de muestras de agua cruda y agua consumidor final

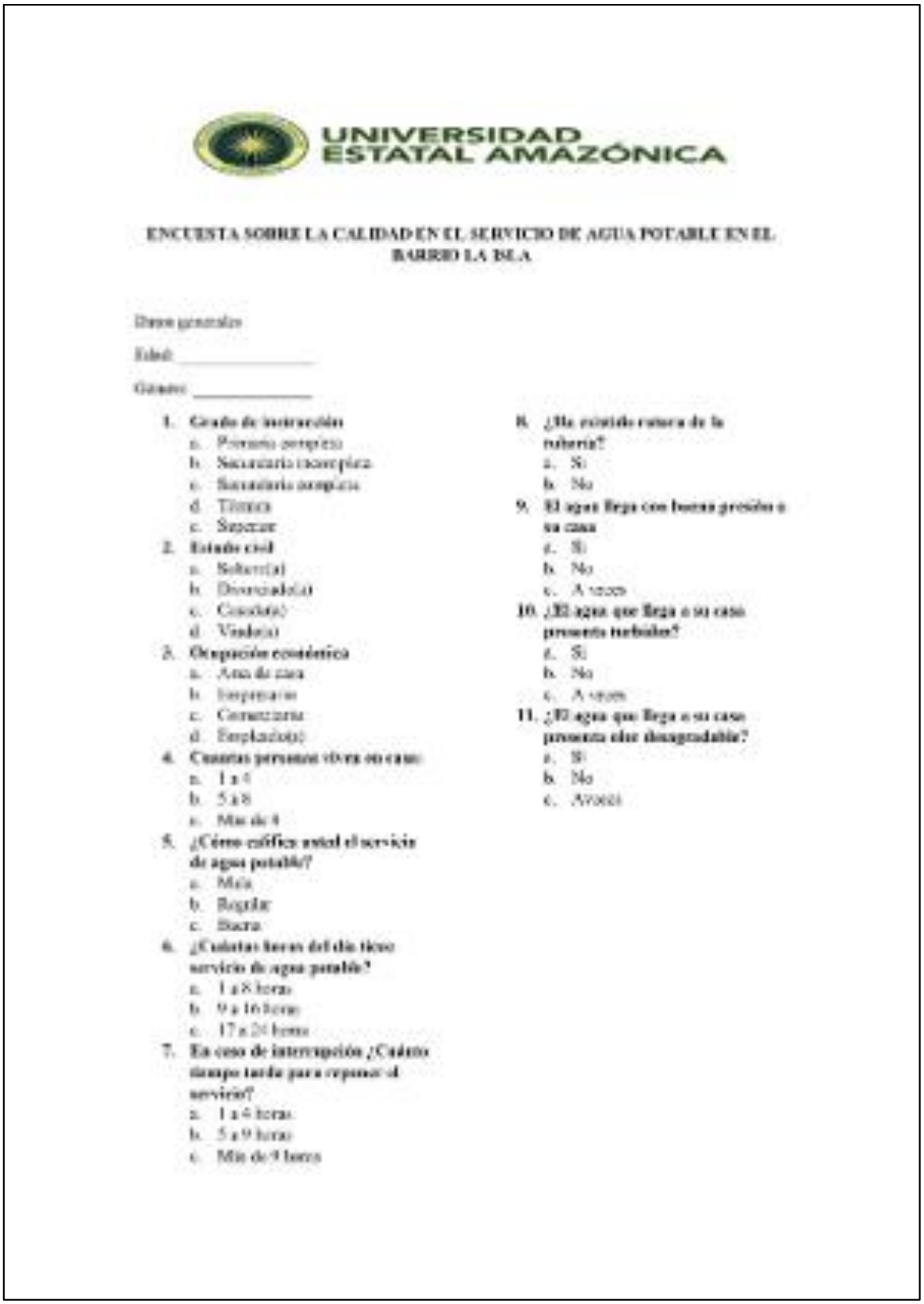


Toma de muestra de agua cruda en la PTAP La Isla



Toma de muestra de agua consumidor final de la JAAPyS La Isla

Anexo 6: Modelo de la encuesta sobre la calidad en el servicio de agua potable en el barrio La Isla



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

ENCUESTA SOBRE LA CALIDAD EN EL SERVICIO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO LA ISLA

Datos generales

Edad: _____

Género: _____

1. **Grado de instrucción**
   a. Primaria completa
   b. Secundaria incompleta
   c. Secundaria completa
   d. Técnica
   e. Superior
2. **Estado civil**
   a. Soltero(a)
   b. Divorciado(a)
   c. Casado(a)
   d. Viudo(a)
3. **Ocupación económica**
   a. Ama de casa
   b. Empresario
   c. Comerciante
   d. Empleado(a)
4. **Cuantas personas viven en casa**
   a. 1 a 4
   b. 5 a 8
   c. Más de 8
5. **¿Cómo califica usted el servicio de agua potable?**
   a. Mala
   b. Regular
   c. Buena
6. **¿Cuantas horas del día tiene servicio de agua potable?**
   a. 1 a 8 horas
   b. 9 a 16 horas
   c. 17 a 24 horas
7. **En caso de interrupción ¿Cuánto tiempo tarda para reponer el servicio?**
   a. 1 a 4 horas
   b. 5 a 9 horas
   c. Más de 9 horas
8. **¿Ha existido rotura de la tubería?**
   a. Si
   b. No
9. **El agua llega con buena presión a su casa**
   a. Si
   b. No
   c. A veces
10. **¿El agua que llega a su casa presenta turbidez?**
    a. Si
    b. No
    c. A veces
11. **¿El agua que llega a su casa presenta olor desagradable?**
    a. Si
    b. No
    c. A veces

Anexo 7: Cotización del filtro de lecho mixto de grava, arena y carbón



DHSOLAMBI S.A

Servicios ambientales, productos Químicos, Coagulantes, floculantes, grava, arena, Carbón activado, etc.

EQUIPO Y MAQUINARIA	FILTRO CONSTRUIDO EN ACERO (1) GRAVA Y ARENA DE ALTA RESISTENCIA y
MATERIALES PARA LA INTERCONECCION DE EQUIPOS	CARBON ACTIVADO NORIT AMERICANO
	TUBERIA PVC 2" y 4" ACOPLES Y ACCESORIOS
MANO DE OBRA INSTALACION	INGENIERIA Y OBREROS
TRANSPORTE Y MOVILIZACION	DENTRO Y FUERA DE LA CIUDAD EN SITIO QUE PRESTE FACILIDAD PARA TRANSPORTARLO Y DESCARGAR

TODO LO INDICADO TIENE UN PRECIO DE $10.500,00

Diez mil quinientos con 00/100 dólares americanos incluido el IVA

Anexo 8: Cotización del dosificador hidráulico



ID Cotización :217596
Fecha Cotización : 29/06/2021
Despacho :Oficina Aquamarket o empresa de transporte
País :Chile
Numero solicitud

Comentarios Técnicos

bomba dosificadora proporcional proporcional en electricidad, marca dosatron,con electricidad marca dosatron
3 m/h (1/8gpm). incluye boton on - off

nota: al momento de confirmar su orden debe informar si el fluido es ácido o alcalino.

valor unitario + iva

pago a través de webpay tiene un recargo del 3,7% en el monto total de la compra

PRECIO : $52000 PESOS CHILENOS

Precio estimativo Sujeto a confirmación

Esta cotización es informativa, son solo precios REFERENCIALES

Aquamarket