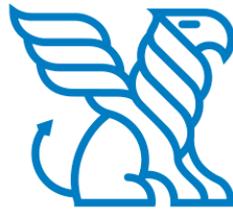


**PLAN DE MEJORAMIENTO APLICABLE AL SISTEMA DE SUMINISTRO
HÍDRICO DE LAS VEREDAS EL ARCA Y QUINAMAYÓ MUNICIPIO DE
SANTANDER DE QUILICHAO CAUCA.**



Uniautónoma
DEL CAUCA

BELKYN SULAY FERNÁNDEZ SÁNCHEZ

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
POPAYÁN, 2022**

**PLAN DE MEJORAMIENTO APLICABLE AL SISTEMA DE SUMINISTRO
HÍDRICO DE LAS VEREDAS EL ARCA Y QUINAMAYÓ MUNICIPIO DE
SANTANDER DE QUILICHAO CAUCA.**



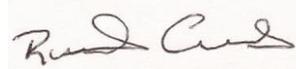
BELKYN SULAY FERNÁNDEZ SÁNCHEZ
Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniera Ambiental y Sanitaria

Director:
Esp. Ronald Edinson Cerón

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
POPAYÁN, 2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado: “PLAN DE MEJORAMIENTO APLICABLE AL SISTEMA DE SUMINISTRO HÍDRICO DE LAS VEREDAS EL ARCA Y QUINAMAYÓ MUNICIPIO DE SANTANDER DE QUILICHAO CAUCA” realizado por la estudiante Belkyn Sulay Fernández Sánchez es aprobado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca para optar por el título en Ingeniería Ambiental y Sanitaria.



Mag. Ronald Edinson Cerón
Director



Esp. Aura Luz Molano Mulcué
Jurado



Mag. César Julián Muñoz de la Rosa
Jurado

AGRADECIMIENTOS

Al igual que cada día que empieza, cuando puedo abrir mis ojos y contemplar la belleza de la vida, una vez más coloco la sinceridad de mi corazón para agradecerle a mi creador, por estar donde estoy y cada uno de los logros obtenidos.

Un agradecimiento sincero a cada una de las personas que estuvieron conmigo en esta etapa del camino, a los que creyeron en mí y me apoyaron dándome lo mejor que tenían lo cual no se compra con dinero; un abrazo, una palabra de ánimo, un momento de consuelo, tantas cosas bonitas que se llevan en el alma.

Agradezco también a los que dudaron, porque pusieron a prueba mis capacidades y me dieron la fuerza necesaria para sacar lo mejor de mí y demostrarle al mundo que soy capaz.

Gracias, de verdad gracias por ese ser integral que han ayudado a formar, hoy escalando un peldaño más se visualiza como un agente de cambio en nuestra sociedad.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
2. JUSTIFICACIÓN	13
3. OBJETIVOS	15
3.1. OBJETIVO GENERAL	15
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
4. MARCO TEÓRICO O REFERENTES CONCEPTUALES.....	16
4.1. Antecedentes	16
4.2. Bases teóricas.....	17
5. METODOLOGÍA.....	25
5.1. Descripción del área de estudio	25
5.2. Fase 1. Diagnóstico de infraestructura y operación	26
5.3. Fase 2. Evaluación de condiciones técnicas y operativas.....	27
5.4. Fase 3. mejoramiento DEl sistema de suministro hídrico Arca- Quinamayó.....	28
6. RESULTADOS	32
6.1. estado de la infraestructura y operación del sistema de suministro hídrico Arca-Quinamayó.	32
6.1.1. Antecedentes.....	32
6.1.2. Ubicación del sistema - Aplicación lista de chequeo.....	33
6.2. condiciones técnicas y operativas del sistema conforme a la normatividad vigente	56
6.3. propuestas de mejoramiento del sistema de suministro hídrico	59
6.3.1. Levantamiento topográfico general.....	59
6.3.2. Adecuación en la zona de captación	61
6.3.3. Control de presión en los tramos captación-desarenador y tanque de almacenamiento- válvula de cierre	63
6.3.4. Construcción de nuevo desarenador	64
6.3.5. Rehabilitación de la PTAP	66
6.3.6. Evaluación de impactos de las propuestas de solución presentadas	69
6.3.7. Seguimiento, Monitoreo y Control.....	72
7. CONCLUSIONES.....	76
8. RECOMENDACIONES	77
BIBLIOGRAFÍA	78
ANEXOS	83

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Matriz Conesa - Criterios y Valores	29
Cuadro 2. Matriz Conesa Simplificada	30
Cuadro 3. Datos de localización - bocatoma	36
Cuadro 4. Datos de localización - desarenador.....	37
Cuadro 5. Datos de localización – estado de operación ventosa 1	38
Cuadro 6. Datos de localización – estado de viaducto.....	39
Cuadro 7. Datos de localización - estado de operación ventosa 2.....	39
Cuadro 8. Datos de localización - estado de operación ventosa 3.....	39
Cuadro 9. Datos de localización – estado de operación ventosa 4	40
Cuadro 10. Datos de localización – estado de operación purga 1	40
Cuadro 11. Datos de localización – estado de operación ventosa 5.....	40
Cuadro 12. Datos de localización – estado de operación ventosa 6.....	41
Cuadro 13. Datos de localización – estado de operación ventosa 7	41
Cuadro 14. Datos de localización F.G.D.	42
Cuadro 15. Datos de localización F.G.A.	43
Cuadro 16. Datos de localización F.L.D	43
Cuadro 17. Datos de localización – estado de operación ventosa 8.....	44
Cuadro 18. Datos de localización – estado viaducto 2.....	45
Cuadro 19. Datos de localización – estado de operación ventosa 9.....	45
Cuadro 20. Datos de localización – estado viaducto 3.....	45
Cuadro 21. Datos de localización – estado de operación ventosa 10.....	46
Cuadro 22. Datos de localización – estado de operación ventosa 11	46
Cuadro 23. Datos de localización – estado de operación ventosa 12.....	46
Cuadro 24. Datos de localización – estado viaducto 4.....	47
Cuadro 25. Datos de localización – estado de operación ventosa 13.....	47
Cuadro 26. Datos de localización – estado de operación ventosa 14.....	48
Cuadro 27. Datos de localización – estado viaducto 5.....	48
Cuadro 28. Datos de localización – estado de operación ventosa 15.....	48
Cuadro 29. Datos de localización – estado de operación ventosa 16.....	49
Cuadro 30. Datos de localización – estado de operación ventosa 17	49
Cuadro 31. Datos de localización – estado de operación ventosa 18.....	49
Cuadro 32. Datos de localización – estado de operación ventosa 19.....	50
Cuadro 33. Datos de localización – estado de operación ventosa 20.....	50
Cuadro 34. Datos de localización – estado de operación ventosa 21	50
Cuadro 35. Datos de localización – estado de operación ventosa 22.....	50
Cuadro 36. Datos de localización – estado de operación ventosa 23.....	51
Cuadro 37. Datos de localización – dimensionamiento del tanque	51

Cuadro 38. Datos de localización – estado viaducto 6.....	52
Cuadro 39. Datos de localización – estado de operación válvula de cierre	52
Cuadro 40. Estado general del sistema	52
Cuadro 41. Presupuesto de rehabilitación de la PTAP	68
Cuadro 42. Matriz - evaluación de impactos	69
Cuadro 43. Ficha Conformación del Grupo de Gestión.....	72
Cuadro 44. Ficha Fortalecimiento de capacidades	73
Cuadro 45. Ficha Conformación del Comité de Gestión Ambiental	74
Cuadro 46. Ficha Soporte técnico	74

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Captación Lateral	19
Figura 2. Captación flotante	19
Figura 3. Bocatoma sumergida	20
Figura 4. Captación tipo dique.....	21
Figura 5. Desarenador convencional.....	22
Figura 6. Planta FIME	23
Figura 7. Zona de estudio.....	25
Figura 8. Ruta del sistema	34
Figura 9. Perfil de elevación	34
Figura 10. Línea de conducción sistema Arca-Quinamayó	35
Figura 11. Captación - vista perfil.....	36
Figura 12. Desarenador - corte longitudinal	38
Figura 13. Sistema General Arca Quinamayó	55
Figura 14. Paralelo de cumplimiento técnico y normativo, sistema de abastecimiento hídrico Arca-Quinamayó	56
Figura 15. Costos levantamiento topográfico	60
Figura 16. Levantamiento topográfico	60
Figura 17. Línea de presiones.....	60
Figura 18. Fracturamiento en muros	61
Figura 19. Fisuras estructural y dinámica.....	61
Figura 20. Presupuesto reparación de muros de contención	62
Figura 21. Operación de válvula reductora de presión.....	63
Figura 22. Presupuesto instalación dispositivos de control de presión	64
Figura 23. Presupuesto construcción nuevo desarenador	65
Figura 24. Clasificación y disposición de materiales	66
Figura 25. Ubicación de placa divisoria.....	67

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Imagen diseño del desarenador - Corte longitudinal.....	83
Anexo 2. Imagen diseño del desarenador - Vista en planta	84
Anexo 3. Lista de chequeo compuesta	85

RESUMEN

El acceso al agua potable se ha establecido como una de las políticas centrales en torno a la cual se deben generar los planes de desarrollo, atendiendo a las condiciones propias del territorio, promoviendo la participación activa de las comunidades, la asistencia técnica y el fortalecimiento de las capacidades organizativas para la administración y sostenibilidad de las soluciones generadas, ampliando la cobertura de acceso al agua potable, contribuyendo al mejoramiento de la calidad de vida y reducción de la pobreza [1,2].

El municipio de Santander de Quilichao perteneciente al Programa de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET) prioriza dentro del plan de gobierno, ampliar el margen de acceso al recurso en condiciones de cantidad y calidad necesarios tomando como línea base el programa de mejoramiento de los sistemas de acueducto [3]. Para el caso particular se presenta la formulación de un plan de mejoramiento aplicable al sistema de potabilización Arca-Quinamayó el cual se ejecutó en 3 fases; en la primera fase se realizó el diagnóstico de infraestructura y operación del sistema, para el cual se utilizaron como métodos e instrumentos de recopilación de datos; entrevistas, consultas en fuentes de información secundaria, lista de chequeo y equipo de georreferenciación.

La segunda fase consistió en la evaluación técnica y operativa de los componentes del sistema conforme a la normatividad vigente, como herramienta de evaluación se tomó la resolución 0330 de 2017 y resolución 0844 de 2018. En la tercera fase se formularon las propuestas que garantizarán de manera progresiva el mejoramiento del sistema, atendiendo a las condiciones propias del territorio en cumplimiento de las normas establecidas para sistemas de agua potable.

La fase de diagnóstico identificó un déficit de operación en los componentes y dispositivos del sistema, fenómenos de cavitación y sobrepresión en la tubería, manejo no reglamentario en las redes. La evaluación técnica mostró que el sistema no cumple en diseño de estructuras y operabilidad las condiciones requeridas, suministrando un agua inviable sanitariamente. Como respuesta y solución viable a la problemática se consideró llevar a cabo un conjunto de acciones entre las que se encuentran; a) levantamiento topográfico general; b) construcción y adecuación de estructuras; c) instalación de dispositivos de control de presión.

La implementación de cada alternativa emerge de una acción conjunta de las partes interesadas; requiere de apoyo técnico, financiero y el fortalecimiento de las capacidades comunitarias, que les permita ser garantes en la sostenibilidad de las soluciones adoptadas.

Palabras clave: sistema de potabilización, operación, mantenimiento, acceso al agua potable.

RÉSUMÉ

L'accès à l'eau potable a été établie comme une des principales politiques autour de laquelle les programmes de développement doivent être conçus. Au même temps, elles doivent répondre aux caractéristiques particulières de chaque territoire, encourager la participation active des communautés, renforcer les capacités d'organisation et l'assistance technique afin d'administrer et garantir la durabilité des solutions générées, en augmentant les réseaux de l'eau potable pour contribuer à l'amélioration de la qualité de vie et la réduction de la pauvreté. [1,2].

La commune de Santander de Quilichao qui appartient au programme de développement gouvernemental d'approche territoriale (PDET) a placé comme priorité dans son programme de gouvernement l'élargissement de la marge d'accès à l'eau potable en termes de quantité et qualité qui devient nécessaire s'il est pris comme point de départ l'amélioration des systèmes d'aqueduc [3]. Pour citer un cas concret, le développement d'un programme d'amélioration qui a été accompli dans le système d'aqueduc de El Arca- Quinamayó et qui a été déroulé en trois phases : La première phase a été consacrée à la réalisation d'un diagnostic de l'infrastructure et du fonctionnement du système. Pour son exécution il a fallu utiliser des outils de compilation d'information, des entretiens, la consultation des sources secondaires d'information, les listes de vérification et les outils de géoréférencement.

Pendant la deuxième phase a été amenée une évaluation technique et opérative des composants du système, en prenant en considération la norme en vigueur. Comme grille d'évaluation ont été utilisées la résolution 0330 de 2017 et résolution 0844 de 2018. Durant la troisième phase s'est développée la formulation des propositions qui garantissent de manière progressive l'amélioration du système sans laisser de côté les particularités du territoire et en prenant en compte les normes établies pour les systèmes de traitement de l'eau. Dans la phase de diagnostic a été identifié un déficit dans l'opération des composants et dispositifs du système, des phénomènes de cavitation, surpression dans la tuyauterie et une mauvaise manipulation dans le réseau.

L'évaluation technique a montré que le système ne correspond pas en termes de conception de structures et opérabilité. Comme conséquence l'eau qui se distribue n'est pas potable. Afin de répondre à cette problématique, il a été proposé de développer un ensemble d'actions nommées ci-dessous; a) Un relevé topographique général. b) construction et adaptation des structures. C) Installation des dispositifs de contrôle de pression. La mise en œuvre de chaque alternative est le résultat des actions en commun développées par les parties prenantes. Ces alternatives ont besoin d'un soutien technique, économique, et du renforcement des capacités de la communauté afin de garantir la durabilité des solutions apportées.

Mots Clés : système d'épuration, fonctionnement, entretien, accès à l'eau potable

INTRODUCCIÓN

El agua como recurso vital, factor integrante de desarrollo y determinante en la salud; requiere atender al cumplimiento de características físicas, químicas y microbiológicas en las cuales su ingesta no represente riesgos para la salud. En Colombia altos índices de enfermedades infecciosas y parasitarias han sido vinculados al consumo de agua no segura, afectando principalmente la población infantil incrementando las tasas de morbilidad. El impacto y los costos generados a la salud como consecuencia de la deficiente cobertura y calidad de servicios de agua potable y saneamiento básico obtuvieron una valoración económica de 2.2 billones de pesos representados en pérdidas de la producción sectorial y capital humano [4,5].

Uno de los desafíos del gobierno nacional es garantizar la disponibilidad del recurso con una ordenación sostenible cuya meta; *“lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos”* considerando el acceso al recurso como derecho humano y determinante de las condiciones que garantizan el bienestar social, adoptando políticas de calidad que aseguren dicho bienestar sin detrimento de los recursos naturales ni alteración y pérdida de los ecosistemas. De ahí que uno de los objetivos en los planes de gobierno nacional se centre en la toma de medidas, creación de estrategias y adopción de planes dirigidos a ampliar el margen de acceso al agua potable, cuyo déficit afecta principalmente la población rural y vulnerable [4].

En atención a lo expuesto se presenta la política nacional de recurso hídrico, en la cual se establecen las directrices para el manejo eficiente y sostenible del recurso, cuyo logro depende de la vinculación de todos los sectores e instituciones y el acogimiento como política pública en la creación de los planes de desarrollo municipal. Por consiguiente, una de las líneas de acción del gobierno en Santander de Quilichao, se centra en aumentar la cobertura y calidad de los servicios de agua potable priorizando las zonas rurales, para lo cual se ha creado el programa “Mas agua Mas calidad” cuyo proyecto atiende al mejoramiento, optimización y fortalecimiento de los sistemas de abastecimiento en la zona rural, entre los que se priorizó el sistema Arca-Quinamayó [3].

El trabajo desarrollado en el área priorizada se orientó a la formulación de propuestas que permitieran el mejoramiento del sistema, para lo cual se tuvieron en cuenta tres fases; diagnóstico, evaluación y formulación, presentando en cada una de ellas los métodos para la recolección de información, evaluación técnica y operativa del sistema, concluyendo con la presentación de soluciones alternativas bajo las condiciones propias del territorio.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Informe mundial sobre el desarrollo de los recursos hídricos presenta cifras en relación al déficit de acceso al agua potable; 2100 millones de personas carecen del servicio de forma segura, 844 millones la toman directamente de fuentes superficiales sin tratamiento frecuentemente contaminada (año 2015) [6]. Según el Informe Sectorial de Servicios Públicos [7], Colombia presenta una cobertura del servicio de acueducto zonal 87,54% urbano y 34,95% rural, un promedio de 1499 PTAP registradas de diferentes capacidades sin información periódica sobre el estado y eficiencia de operación, el 45% de las mismas superan el periodo de diseño estipulado por el Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000) concerniente a 25 años.

En relación con el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA) el 86,2% de la población colombiana accede a un agua segura para consumo humano, en el departamento del Cauca solo el 24,05% del área rural presenta cobertura de acueducto, en el municipio de Santander de Quilichao la cobertura del 65% (rural) del recurso no es apto para el consumo directo [8]. En las veredas El Arca y Quinamayó, al igual que en otras veredas del municipio, la problemática es mayor pues aparte de que el agua no es potable, el servicio es intermitente y pese a que se cuenta con una Planta de Tratamiento (PTAP) se ha encontrado que el sistema presenta fallas en su funcionamiento hidráulico, con irregularidades en el diseño de las estructuras y conducciones, los sistemas de control y desinfección son inoperantes, hay una ausencia de monitoreo de la calidad del agua. Adicionalmente esta zona viene presentando abandono estatal, que junto al acelerado crecimiento demográfico y a la evidente contaminación antrópica por las actividades agropecuarias; dejan a estas veredas altamente expuestas al riesgo de contraer enfermedades de origen hídrico, lo que a su vez representa un deterioro progresivo en la calidad de vida, el aumento en los niveles de pobreza y la reducción de oportunidades laborales en la región [9].

Según el reporte dado por la secretaría de salud municipal de Santander de Quilichao [10] con corte a julio de 2021 en los últimos cinco años, las primeras causas de consulta de la población de las veredas El Arca y Quinamayó, son la parasitosis intestinal, diarrea, gastroenteritis de presunto origen infeccioso y enfermedades dérmicas, situaciones que han afectado a más del 30% de sus habitantes especialmente a la población infantil de 0 a 5 años. A ello se suma un fuerte grado de vulnerabilidad por las condiciones de salubridad en algunas viviendas y la proximidad a fuentes de agua altamente contaminadas, lo que también genera un impacto directo en la salud de los habitantes.

El sistema de suministro hídrico Arca-Quinamayó, que atiende alrededor de 1700 usuarios, ha sido objeto de requerimiento por parte de la Alcaldía Municipal de manera prioritaria para la evaluación del estado de funcionamiento e infraestructura que permita una acertada toma de decisiones enfocadas en brindar mejores condiciones del servicio para favorecer la calidad de vida de la comunidad beneficiada.

2. JUSTIFICACIÓN

El objetivo de desarrollo sostenible número 6 se direcciona a garantizar la disponibilidad en cantidad y calidad del agua a toda la población, lo que hace que los gobiernos deban asegurar los suministros dentro de una gestión integrada del recurso. Por otro lado, la política expuesta en el CONPES 3810 atiende al compromiso de crear soluciones alternativas acordes a las condiciones propias del territorio rural. Sin embargo, se encuentra que el índice de riesgo en la calidad del agua ha llegado a un 50 %, sobre todo en áreas desprovistas de servicio de acueducto o en condiciones inviables sanitariamente [10].

La cobertura del servicio de acueducto alcanza el 24%, pero se ha identificado que aun así muchos sistemas son ineficientes, razón por la cual el Plan de Desarrollo Departamental del Cauca 2020 presenta estrategias encaminadas a reducir la brecha de desigualdad urbana – rural con la construcción, mejoramiento y ampliación de sistemas de acueductos rurales que cumplan con todos los requerimientos técnicos para garantizar un servicio óptimo y de calidad; lo que a su vez permitirá afrontar problemáticas anexas de salud pública generadas por la ingesta de agua no segura, que principalmente han ocasionado enfermedades gástricas como parasitosis intestinal y gastroenteritis. El desarrollo estratégico aportará al logro de los objetivos de desarrollo sostenible y al compromiso Pacto Transversal – Calidad y Eficiencia en servicios domiciliarios del plan de desarrollo nacional [11]. El Plan de Desarrollo Municipal se articula a esta línea con el abastecimiento de agua en cantidad y calidad necesarias y permanentes; la inclusión social e incluyendo a la comunidad un actor primario en la conformación del plan y el logro de los objetivos.

Uno de los sistemas priorizados por la Alcaldía Municipal para el mejoramiento, optimización y fortalecimiento es el sistema Arca-Quinamayó, dado que por su ubicación estratégica, este se ha convertido en uno de los ejes centrales del desarrollo en la economía de la región y por lo tanto el suministro de un agua segura es una necesidad imperante. Este acueducto atiende a la población local, migratoria y flotante que en épocas de festividades y vacacionales aumenta considerablemente, pasando a atender de 1700 a 3000 personas aproximadamente [3]. De otro modo, la comunidad como actor primario y beneficiaria directa, ha manifestado a través de uno de sus líderes comunitarios que: *“la población ha mostrado su descontento frente a la mala calidad del agua, advirtiendo incluso con demandar la junta administradora”*, advirtiendo que la deficiencia en la oferta y el riesgo para los pobladores y visitantes, es un factor que afecta directamente la economía y la salud pública, lo que reduce a su vez, las condiciones de bienestar y calidad de vida de la población.

El desarrollo del presente trabajo involucra a la comunidad del sistema el Arca-Quinamayó, lo cual garantiza la generación de información base de primera mano y de calidad en cuanto al estado de la infraestructura y la operación del sistema de acueducto, que además permitirá tomar acciones de mejora

concretas, viables y sostenibles sin detrimento de los recursos naturales. Basado en ello se podrá definir rubros presupuestales más aterrizados a las necesidades y condiciones propias del entorno [10], lo que repercute de manera directa en la reducción de enfermedades de origen hídrico y el bienestar de la población. Las herramientas de diagnóstico aplicadas pueden tomarse como referente para la evaluación de otros sistemas de abastecimiento ampliando la cobertura en calidad y cantidad del agua potable, haciendo frente al desafío “*Agua limpia para todos, No dejando a nadie atrás*” [11].

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Presentar un plan de mejoramiento aplicable al sistema de suministro hídrico de las veredas El Arca y Quinamayó municipio de Santander de Quilichao Cauca.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el diagnóstico de infraestructura y operación del sistema de suministro hídrico Arca-Quinamayó.
- Evaluar las condiciones técnicas y operativas del sistema de abastecimiento conforme a la normatividad vigente; resolución 0330 de 2017 y resolución 0844 de 2018.
- Formular propuestas de rehabilitación y eficiencia en el sistema de suministro hídrico Arca-Quinamayó.

4. MARCO TEÓRICO O REFERENTES CONCEPTUALES

Este capítulo se presentan los antecedentes, investigaciones realizadas y bases teóricas usadas como soporte en el desarrollo de la temática expuesta.

4.1. ANTECEDENTES

Como objetivo del plan de desarrollo nacional se encuentra la ampliación en cobertura de suministro de agua potable en zonas rurales, atendiendo al contexto y características particulares de la población, cuyo logro permita la reducción de la pobreza y la desigualdad, contribuyendo al mejoramiento de la calidad de vida. Se requiere de un trabajo articulado de las partes interesadas con un enfoque diferencial de territorio, que permitan afrontar la problemática actual marcada por una baja asistencia técnica, déficit institucional en la planeación de inversiones y fragilidad en la gestión ambiental. Frente a ello se proyecta la estructuración de esquemas sostenibles, atendiendo a los marcos normativos con inversiones en infraestructura acorde al contexto, promoviendo acciones intersectoriales de gestión sanitaria y ambiental [2].

De acuerdo a la reforma rural integral en el marco de una paz duradera y estable, concertada entre el gobierno colombiano y las fuerzas armadas revolucionarias de Colombia (FARC), se establecen los lineamientos para la construcción de un nuevo país, priorizando atención en los territorios más afectados por el desencadenamiento de la violencia, siendo estos atendidos por medio del programa de desarrollo con enfoque territorial (PDET), creando estrategias que permitan resarcir el daño ocasionado a la dignidad humana, entre ellas proporcionar soluciones tecnológicas de acceso al agua potable, acorde a las necesidades propias del contexto y escenarios del territorio rural, logrando el apropiamiento, administración y sostenibilidad de las soluciones, a través del fortalecimiento de las capacidades organizativas de gestión y liderazgo en las comunidades [12].

El decreto 1575 de 2007 [13], establece las normas de control y vigilancia del agua para consumo humano previniendo los riesgos causados por su ingesta, este describe un sistema de suministro hídrico; como el conjunto de estructuras y procesos que aunado al recurso humano permiten la dotación del agua, cumpliendo con los parámetros de calidad requeridos para ser considerada potable. La resolución 2115 de 2007 [14] establece los estándares de cumplimiento en características físicas, químicas y microbiológicas del agua potable, asociando el índice de riesgo (Índice de Riesgo de la Calidad del Agua) de contraer enfermedades en la ingesta de un agua que no cumpla con los estándares requeridos, para verificar su cumplimiento se han creado los sistemas de control y vigilancia, articulando desde los Ministerios de la Protección Social y Ambiente hasta las personas prestadoras del servicio y los usuarios.

Investigación realizada por Holguín y Palacio en Mistrató Risaralda [15], presenta la evaluación técnica de la planta de tratamiento por filtración en múltiples etapas (FIME); el estudio se realizó basándose en la resolución 0330 de 2017 (RAS), la resolución 2115 y el decreto 1575 del 2007, obteniendo un agua de buena calidad en la fuente de suministro, siendo esta afectada por el regular funcionamiento del desarenador, en el proceso de filtración gruesa no se cumplió con lo requerido técnicamente, registrando valores de tasa de 1.19 m/h siendo los recomendados de 2 a 3 m/h. para la filtración ascendente cumplió lo reglamentado operando la mitad de los filtros, se recomendó realizar estudios en la fuente y acciones de mejora en el desarenador y operación de filtros.

Para la potabilización del agua, la filtración lenta en arena es una tecnología segura y asequible para países en vía de desarrollo, no obstante, esta requiere de un proceso complementario de desinfección. Kiky evaluó la optimización de esta tecnología mediante el análisis de 2 parámetros; distribución del tamaño del grano y tasa de carga hidráulica, bajo el análisis de 18 columnas de filtro de conformación diferente, se obtuvo que en medios gruesos de 0,90 mm y coeficiente de uniformidad de 2,5 operando a una tasa de carga hidráulica 0.8 m/h se obtiene una turbidez inferior a 1 NTU. Se propone para medios finos diámetros de 0,25 a 0,50 mm/coeficiente de uniformidad de 2,7 a 7 y tasa hidráulica de 0,20 – a 0,60 m/h, mayor tasa 0,60 – 0,80 m/h. Uso de arenas más gruesas como alternativa, diámetros de 0,50 – 0,90 mm con coeficiente menor a 3 y tasa menor igual a 40 m/h [16].

Megdal y colaboradores [17], presentan la gobernanza del agua como un proceso constructivo y vital, donde entender el contexto y activar la cooperación de las partes interesadas se hace esencial para la gestión sostenible del recurso, formulando e implementado acciones que permitan enfrentar los desafíos críticos frente a la seguridad hídrica. Situación que puede verse favorecida u obstaculizada por los marcos regulatorios, cuyos fines o intereses no asuman la gobernanza como parte de la gestión sostenible.

4.2. BASES TEÓRICAS

A continuación, se presentan los fundamentos teóricos sobre los cuales se desarrolló el trabajo, su estructura presenta conceptos claves que permitieron abordar la problemática encontrada.

Agua segura y potable: El decreto 475 de 1998 [18] define el agua segura como aquella que, en ausencia del cumplimiento de algunas normas de tratamiento establecidas, puede ser ingerida sin causar riesgos a la salud humana. Estas normas se reflejan en características físicas, químicas y microbiológicas a cumplir para ser considerada agua potable. Por su parte el término potable alude al recurso que ha sido sometido a un proceso de tratamientos preliminares, primarios y secundarios con el fin de cumplir los aspectos técnicamente

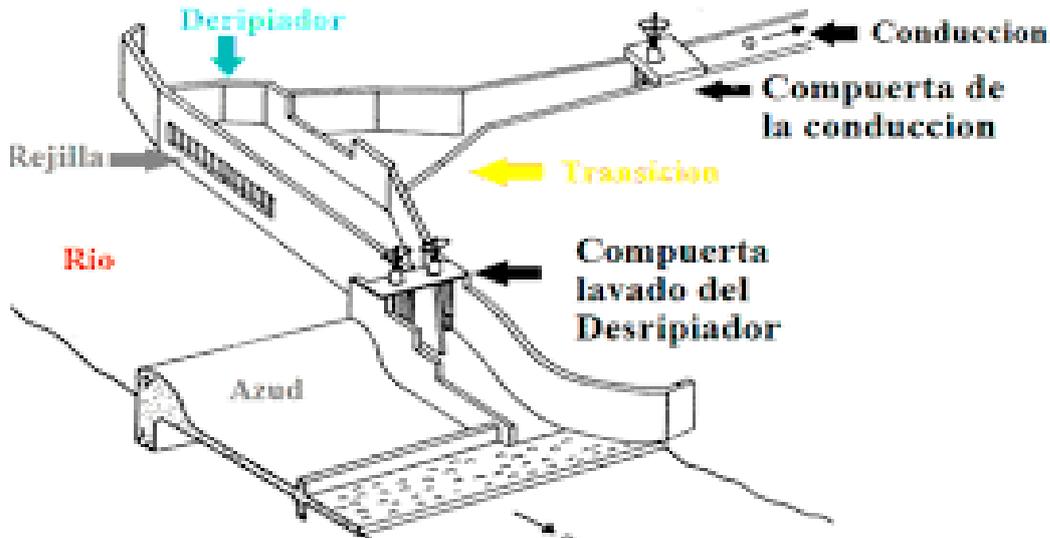
señalados, para ser distribuido a la población, brindando garantía que su ingesta o uso no acarrea efectos adversos en la salud.

Sistema de abastecimiento hídrico: Conjunto de componentes sean estos estructuras, ductos o mecanismos necesarios para captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir el recurso hídrico necesario para solventar a una población. La captación puede darse en aprovechamiento de fuentes superficiales o aguas subterráneas, teniendo en cuenta que el caudal captado debe permitir la conservación del caudal ecológico, preservando así la sostenibilidad de los ecosistemas a intervenir. La conducción del flujo obedece a dos componentes; aducción y conducción, el primer caso comprende a partir de ser captado el recurso; cuando este se transporta por tubería o canales sin ningún tratamiento hacia los procesos preliminares de cribado y desarenación. Por su parte la conducción se da una vez el flujo ha sufrido procesos de potabilización, como aireado, filtración y desinfección para finalmente ser entregado o distribuido directamente a la población [19].

Captaciones de agua para abastecimiento humano: Estructuras o adecuaciones que permiten la recolección del agua proveniente de diferentes fuentes susceptibles de aprovechamiento, al ser captada y conducida a reservorios favorece considerablemente su eficiencia y uso como fuente de suministro. Existen diferentes tipos de captaciones dependiendo de la fuente sea ésta superficial o subterránea, en el segundo caso la captación obedece a la construcción de aljibes o pozos siendo estos los más comunes [20]. Para el caso de captaciones superficiales:

Captación lateral: Obra que se construye lateralmente al curso de agua, ingresando el flujo a una cámara de captación siendo luego transportado por tubería o canales, esta obra se emplea en ríos de corrientes bajas o medias que no generen socavación profunda, considerando tramos de estabilidad geológica y evitando el desgaste natural del terreno a través de la creación de muros de protección [21].

Figura 1. Captación Lateral



Fuente: BIBLIOCAD. Captación convencional con rejilla lateral [imagen]. Diseño de captaciones. Ecuador: 2021. [Consultado:03 de noviembre de 2021]. Disponible en: https://www.bibliocad.com/es/biblioteca/captacion-de-rejilla-lateral_57057/

Captación flotante o de elevación mecánica: Estructuras utilizadas en ríos de gran caudal y profundidad, en los que se proyecta el uso de estaciones de bombeo de acción mecánica, las estructuras flotantes de soporte se dimensionan acorde al peso y tamaño del equipo de bombeo, se sugiere el uso de bombas centrífugas por aspectos de operación y costos, previendo el anclaje de la plataforma flotante en 3 puntos, 2 de los cuales deben estar en tierra firme o en concreto sobre el lecho del río. En la operación del filtro se debe considerar la profundidad, evitando la captación de materiales flotantes o descomposición de materia orgánica hacia el lecho del río [22].

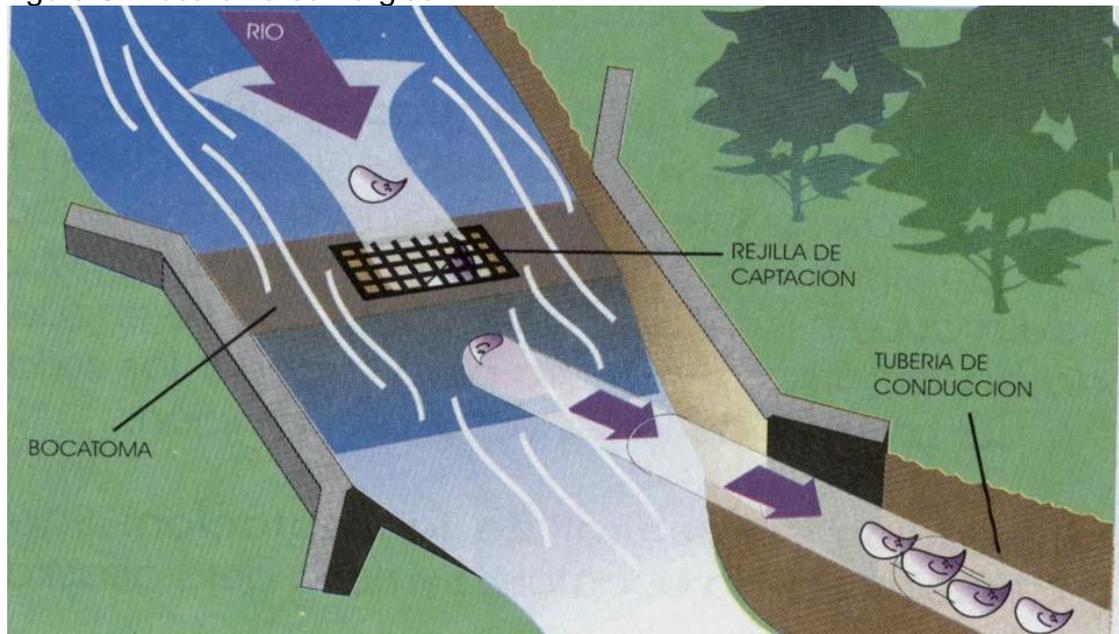
Figura 2. Captación flotante



Fuente: Grupo INHISA. Toma flotante abatible [imagen]. Tomas flotantes de captación para presas. España. [Consultado:03 de noviembre de 2021]. Disponible en: [http://grupo-inhisa.com/otros-equipos/tomas-flotantes-abatibles/#prettyPhoto\[684\]/3/](http://grupo-inhisa.com/otros-equipos/tomas-flotantes-abatibles/#prettyPhoto[684]/3/)

Captación sumergida o de fondo: El objetivo de esta obra es lograr la captación del caudal requerido hacia la parte inferior del cauce, haciendo uso de una cámara o canal transversal sobre el cual se dispone de una rejilla, que permite la toma del volumen necesario de agua evitando a su vez el paso de materiales de mayor tamaño, parte del material que ingrese se prevé su eliminación por medio de una válvula de purga. Esta captación es muy usada en afluentes con arrastre de material grueso y terrenos de fuerte pendiente [23].

Figura 3. Bocatoma sumergida



Fuente: Arboleda, Vito. Bocatoma de fondo [imagen]. Sistema de acueducto. [Consultado:03 de noviembre de 2021]. Disponible en: https://slideplayer.es/slide/download/#google_vignette

Captación mixta: En zonas con variaciones representativas de caudal e inestabilidad en el curso; debe considerarse una captación mixta, que funcione como captación sumergida o de manera lateral que garantice captar el caudal requerido para la operación del sistema, sin que este se vea afectado por fluctuaciones en la presión del flujo que generen déficit en la eficiencia del sistema [24].

Captación tipo dique: Este tipo de captación es utilizada en zonas de cauces que se ven afectados por tiempos prolongados de sequías, en los cuales se presenta el caudal mínimo disminuyendo el nivel de carga en la toma, haciéndose necesario la construcción de un dique para obstruir el cauce permitiendo elevar la altura de la lámina de agua que solvante el caudal requerido de operación, la obra debe incluir un vertedero de excesos y desagüe de fondo [25].

Figura 4. Captación tipo dique

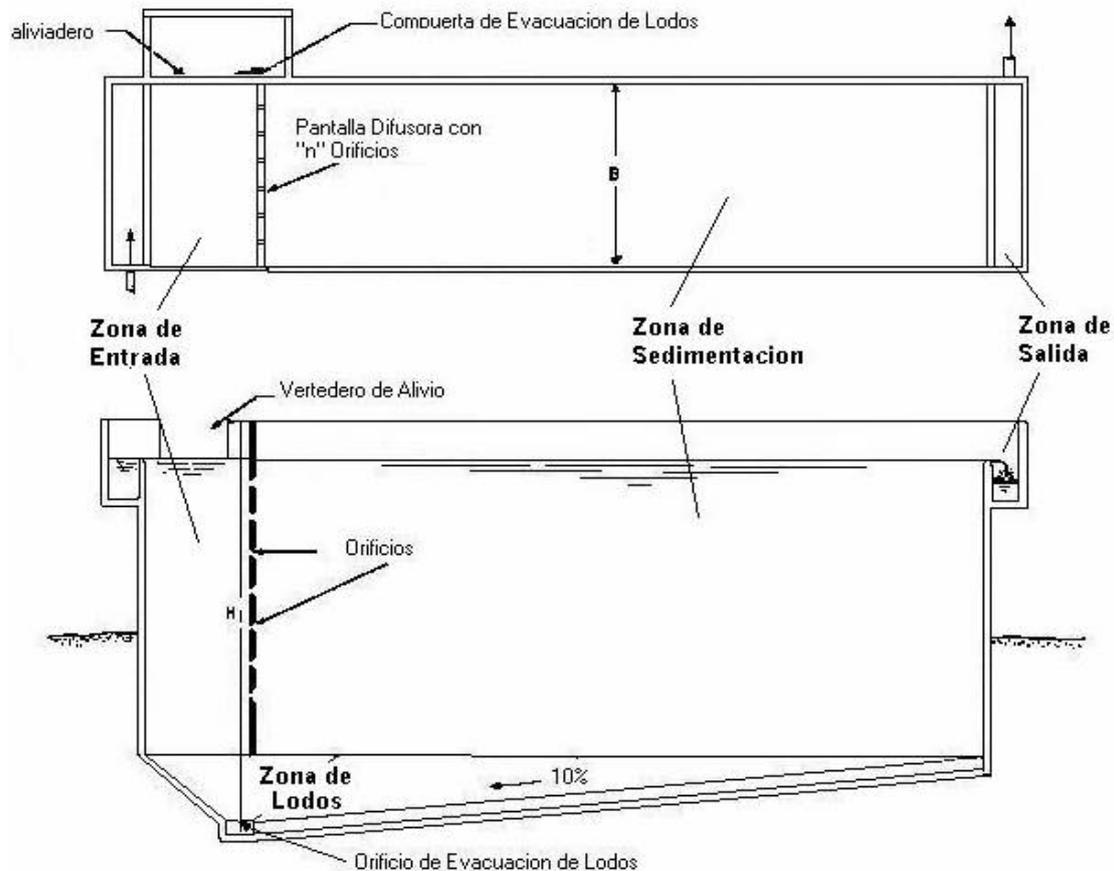


Fuente: Mapio.net. Dique La Toma [imagen]. Captaciones. Argentina: 2015. [Consultado:03 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://mapio.net/pic/p-44237323/>

Aducción y conducción: Línea de transporte de flujo por medio de tuberías desde la zona de captación hasta la red de distribución, la diferencia de conceptos radica en el tratamiento que recibe el recurso una vez se ha captado, si su transporte se da sin tratamiento alguno será un agua cruda transportada en aducción sea flujo libre o a presión, por el contrario, la conducción transportará agua tratada y segura. El trazado y tipo de conducción inciden en los ecosistemas y el contexto, por consiguiente, las afectaciones generadas deben ser valoradas en la etapa preliminar de diseño [26].

Desarenador: Estructura hidráulica ubicada seguidamente del primer tramo de aducción, cuya finalidad es la remoción de partículas de hasta 0.1 mm de diámetro, aplica para arenas, gravas, arcillas y material orgánico proveniente de la fuente de captación, la estructura opera bajo el principio de gravedad y por diferencias de velocidades, esta estructura se hace indispensable hasta en los sistemas más sencillos pues su correcto funcionamiento protege estructuras, accesorios, líneas y equipos, que en condiciones de sobreacumulación de sedimentos disminuyen su eficiencia quedando en ocasiones fuera de servicio. Las estructuras varían atendiendo algunos aspectos; según su operación; lavado continuo o discontinuo, en relación con la velocidad de escurrimiento; de alta o baja velocidad, por la disposición; en serie o paralelo, por su tipo; detritus, convencional, de flujo vertical y tipo vórtice [27].

Figura 5. Desarenador convencional



Fuente: O.P.S., COSUDE. Sedimentador (planta y corte longitudinal) [imagen]. Diseño de sedimentadores. Lima: 2005. [Consultado:02 de noviembre de 2021]. Disponible en: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005b.%20Gu%C3%ADa%20desarenadores%20y%20sedimentadores.pdf

FIME: El proceso de Filtración en Múltiples Etapas, es la combinación de medios usados como lechos filtrantes para el tratamiento no convencional de agua cruda, usando como medios de filtración arenas y gravas de diferente diámetro, pese a no ser estimado el proceso como tratamiento convencional, sus resultados muestran tasas de alta eficiencia a bajo costo, susceptibles de ser implementados en zonas marginadas o con población vulnerable, donde es carente el acceso al agua potable, sea por disponibilidad del recurso o por los costos de potabilización.

El grado de contaminación en la fuente permitirá estimar los procesos filtrantes, de manera general se encuentra un primer filtro de paso descendente y filtración gruesa, seguido de un proceso en el cual el flujo asciende sobre un lecho en capas de diferente diámetro, la circulación del flujo por los medios filtrantes permite la reducción de sólidos suspendidos, para ser complementado con el paso a través del filtro lento en arena, obteniendo considerables procesos de reducción de turbiedad, virus y bacterias [28].

Figura 6. Planta FIME



Fuente: Proyecto ASIR-SABA. Planta FIME, sistema corregimiento de Mondomo [imagen]. Agua potable y saneamiento rural. Santander-Cauca:2016. [Consultado: 02 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://asirsaba.com.co/wp-content/uploads/2019/02/Diagn%C3%B3stico-Santander-de-Quilichao1.pdf>

Línea piezométrica: Línea imaginaria que une los puntos hasta los cuales el líquido pudiera llegar, si se le insertaran tubos piezométricos en diferentes tramos de longitud en la tubería, su medida se expresa en metros de columna de agua en relación a la presión hidrostática disponible, la línea se halla representada en la suma de la energía de posición respecto al plano de referencia, energía de presión y energía cinética o cabeza de velocidad [29].

Derecho fundamental al agua: Cada individuo tiene derecho a acceder al agua en cantidad y calidad necesaria para su uso personal o doméstico, el agua se presenta como necesidad básica y recurso vital para la existencia del ser humano. Siendo su acceso respaldado como derecho fundamental y servicio público del cual el estado es garante, dirigiendo a través de sus instituciones la organización, reglamentación y prestación del servicio conforme a los parámetros de calidad establecidos. En ese orden, la obligación se orienta al desarrollo de estrategias que posibiliten a los individuos a ejercer su derecho plenamente, concertando en la toma de medidas y acciones de índole legislativo o presupuestal en favor del derecho, atendiendo al fortalecimiento de las capacidades comunitarias para ejercer un uso sostenible del recurso [30].

Gobernanza del agua: El agua como factor integrador de ecosistemas, eje ordenador del territorio y recurso vital, hace compleja su manera de gobierno y de gestión. Los lineamientos de la agenda 2030 direccionan hacia un nuevo concepto de sostenibilidad donde gestionar el agua de manera sustentable y permanente, será fundamento para el desarrollo sostenible. Frente a ello emerge la necesidad de coordinación e integración de políticas intersectoriales, la gestión integral del recurso promueve articular el agua con otros objetivos políticos, sin embargo, la ejecución de diferentes proyectos no atiende el sector

hídrico dado que premian otros intereses, principalmente los económicos sin atención al detrimento de los recursos naturales primando el agua.

Por consiguiente, se hace necesario la creación de instrumentos de participación activa entre los múltiples niveles de intervención del recurso hídrico, la implementación de políticas acordes al territorio con obligatoriedad de evaluaciones y resultados, dado que en materia de gestión del recurso hídrico las políticas son muchas pero el déficit se encuentra en su aplicación y cumplimiento [31].

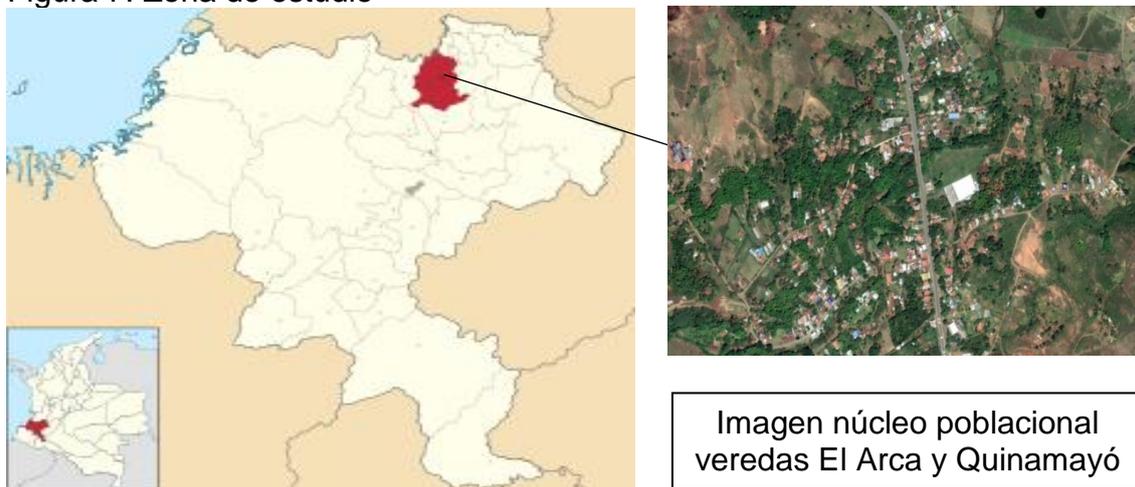
5. METODOLOGÍA

Para determinar la viabilidad en la formulación del plan de mejoramiento al sistema de suministro hídrico, se hizo uso de una metodología mixta aplicada en el desarrollo de este capítulo, integrando los tres objetivos del proyecto descritos por fases con sus respectivas actividades, previamente se presenta una breve descripción de la zona de estudio.

5.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Las veredas El Arca y Quinamayó pertenecientes a la zona 3 del municipio de Santander de Quilichao, con altitud de 1100 metros sobre el nivel del mar y temperatura promedio de 24 grados centígrados; presentan una población en su mayoría afrodescendiente, cuentan con sistema de tratamiento de agua potable con tecnología de filtración en múltiples etapas (FIME) que atiende 310 familias (2018), se estima un aproximado de 6 kilómetros 275 metros para la longitud recorrida en el sistema, comprendido entre la zona de captación y la válvula de corte situada a la entrada del caserío. Las vías de acceso al centro poblado son catalogadas terciarias colindantes a la vía panamericana, la vocación de sus habitantes principalmente agrícola incursionando el sector minero y comercial. Como programa estratégico de gobierno municipal se tiene “Cultura del Agua” promoviendo el acceso universal al agua potable, recuperación y conservación de fuentes de agua y el desarrollo de sistemas de riego eficientes y ecológicos [32].

Figura 7. Zona de estudio



Fuente: adaptado de: Archivo: Colombia-Cauca-Santander de Quilichao.svg.Milenioscuro.26 de noviembre 2011/Imagen satelital Google Earth Pro. [Obtenida: 02 de noviembre de 2021]

5.2. FASE 1. DIAGNÓSTICO DE INFRAESTRUCTURA Y OPERACIÓN

En el periodo comprendido entre mayo 10 a mayo 20 de 2021; se realizaron visitas al área de influencia, entrevistas a líderes comunitarios y operarios de redes. Las entrevistas no estructuradas estuvieron encaminadas a indagar sobre los antecedentes que convergieron en la necesidad de establecer el acueducto y las condiciones para implementarlo, conocer además las expectativas en relación a la prestación del servicio de suministro hídrico y posibles falencias detectadas en el sistema, lo manifestado fue útil en la orientación del plan de acción a desarrollar en el trabajo. La información recibida se consignó en libreta de apuntes, posteriormente esta sería organizada y presentada en el informe preliminar. Para dar continuidad a lo proyectado se programaron los días de recorrido sobre el sistema, quedando establecido dar inicio a partir del lunes 24 de mayo de 2021.

De manera complementaria se realizó consulta bibliográfica en las principales dependencias municipales; Planeación, servicios públicos y saneamiento básico rural, con el fin de conocer estudios realizados de carácter socioeconómico, disponibilidad de agua y balance hídrico, topográficos, de suelos. Se consultó además sobre planos de diseño, memorias de cálculo, programas, líneas de acción y acuerdos establecidos que en su momento dieron viabilidad a la implementación y funcionamiento del acueducto [33].

En el levantamiento de información en el recorrido del sistema se hizo uso de una lista de chequeo compuesta (anexo 3), elaborada previamente acorde a los componentes técnicamente operativos, estos incluían bocatoma, redes hidráulicas (aducción, conducción), estructuras de tratamiento preliminar, potabilización y almacenamiento. En el ejercicio además de conocer el estado estructural y de funcionamiento en los componentes, mediante observación directa y diálogos con los operadores, se consignó información sobre el manejo del sistema y labores de mantenimiento, dando a conocer si las acciones atendían o no a un manual de operaciones o programas de monitoreo continuo. En el desarrollo de esta actividad se contó con el apoyo de un navegador GPS Etrex 30, equipo que permitió referenciar las unidades a evaluar [34].

Se proyectó como complemento a la información obtenida e importante en la toma de decisiones; realizar el muestreo en el afluente de captación atendiendo al protocolo estipulado por el IDEAM, para evaluación de parámetros fisicoquímicos requeridos en la resolución 2115 de 2007, referidos a las características de cumplimiento en el agua para consumo humano [35,14], sin embargo, debido a asuntos administrativos no se dio viabilidad a lo proyectado. Frente a ello se tomó como alternativa el uso de información secundaria que permitiera inferir la calidad del agua. De parte de la secretaría de salud municipal fue recibido informe con corte a julio del 2021 sobre las veredas El Arca y Quinamayó, indicando que más del 30% de la población presenta sintomatología y enfermedades de origen hídrico, afectando principalmente la población infantil de 0 a 5 años.

5.3. FASE 2. EVALUACIÓN DE CONDICIONES TÉCNICAS Y OPERATIVAS

En la parte preliminar de la evaluación se tomaron los datos recopilados con el GPS, como elementos orientadores en el diseño de un perfil básico de la red de suministro, el cual permitiera una guía de similitud conforme al plano entregado por la junta administradora de acueducto, ubicando los componentes del sistema respecto a la red de conducción, con el fin de inferir posibles condiciones o factores que dieran lugar a la llegada del flujo inestable o pérdida de caudal. La información suministrada por el personal encargado de dirigir el recorrido y los datos obtenidos a través de la observación directa, fueron considerados relevantes para dar inicio a la formulación del plan de mejoramiento aplicable al sistema.

La etapa de evaluación hidráulica precisó como métodos de análisis de información obtenida en campo, la aplicación de fórmulas y directrices dadas en el libro “Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillado” del ingeniero Alfredo López Cualla; se hizo uso de la ecuación de Hazen Williams para la determinación de diámetros y pérdidas de energía en el sistema. La ecuación de Bernoulli permitió establecer valores de presión en diferentes puntos de la red comparando su valor con el RDE utilizado en la tubería. Se emplearon procedimientos de cálculo estipulados en el libro, para determinar en el desarenador requerimientos de diseño y eficiencia en relación con el caudal captado y necesario [36].

Con base en los resultados obtenidos se aplicaron como métodos evaluadores, los requisitos técnicos de cumplimiento para los sistemas de acueducto contenidos en la resolución 0330 de 2017 articulando los títulos A y C del RAS 2000, referentes al diseño de estructuras de tratamiento preliminar (desarenador), líneas de aducción y conducción, ubicación de válvulas y tecnologías de tratamiento de potabilización. De manera simultánea se hizo uso del software Hydroeolm del ingeniero Edgar Ladino basado en la ecuación de Darcy Weisbach, el cual permitió corroborar las dimensiones de diámetro requeridas en el sistema. Finalmente se verificó el cumplimiento en relación con las normas establecidas para sistemas de agua potable en zonas rurales contenidas en la resolución 0844 de 2018 [37,38,39].

Atendiendo a la solicitud hecha por la dependencia administrativa se presentó informe preliminar sobre el trabajo realizado, este contenía de manera general aspectos de infraestructura y operación del sistema; estado de los componentes, aforos volumétricos, material de redes y accesorios entre los que se incluía principalmente válvulas de ventosa. adicionalmente se presentaron antecedentes del sistema que hasta la fecha se sabía que existían, pero no se encontraban consignados en documento alguno.

5.4. FASE 3. MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO HÍDRICO ARCA-QUINAMAYÓ

El déficit de cumplimiento encontrado en la fase anterior, dio lugar a enumerar las posibles acciones a desarrollar para lograr el mejoramiento y rehabilitación del sistema de manera progresiva, centrándose en garantizar la calidad permanente del recurso, ello contempló; acciones de gestión y monitoreo, estudios topográficos, modelos de simulación integral hidrológica, diseño y construcción de nuevas estructuras, cambio o adecuación de componentes, reubicación de líneas de aducción, estrategias de manejo y uso eficiente del recurso, disponibilidad de mano de obra y financiación de obras [37].

De parte de los delegados de la junta se expresó la necesidad prioritaria de realizar el levantamiento topográfico, situación que así respaldó los antecedentes encontrados, puesto que no se contó con planos que certificaran el estudio realizado punto a punto desde la zona de captación. Se contempló la construcción de un nuevo desarenador, como componente esencial para la reactivación de los filtros en la planta de tratamiento, disminuyendo el riesgo de colmatación rápida debida al paso directo del flujo sin tratamiento preliminar, dado que la estructura existente no cumple las condiciones necesarias para el proceso y acondicionarla incurriría en mayores costos a mediano plazo.

La adecuación de la PTAP se hace indispensable al ser componente central del sistema, permitiendo entregar el agua con alta eficiencia de remoción de contaminantes proceso a ser complementado con la desinfección. La instalación de válvulas de quiebre de presión pese a no ser prioritaria es necesaria debido principalmente a los costos en que se incurre por daños ocasionados en la tubería como consecuencia de comportamientos de sobrepresión generados. Lo planteado estuvo sujeto a ser lo más indicado a realizar para cumplir de manera segura la prestación del servicio, generando los menores costos socioeconómicos y ambientales posibles, en común acuerdo con el propósito de la dependencia de saneamiento básico rural “¿Que ocurre, como está?, ¿Qué se debe hacer? Y ¿Cuánto cuesta?”.

Frente a cada propuesta se elaboró una relación de costos económicos generados en la fase de implementación para conocer el valor de materiales, acarreo, mano de obra entre otros, se indagó a personal de la zona sobre tarifas relacionadas con excavaciones, acarreo por vía boscosa, salario de oficiales y auxiliares de construcción, vía internet se consultaron precios de materiales en ferreterías cercanas, se realizaron llamadas a personal de maquinaria de carga, para conocer el costo de acarreo de materiales a la parte más cercana del área a intervenir. De esta manera se presentó un presupuesto parcial quedando aún sujeto a incrementos tarifarios por concepto de inversión en obras públicas.

Las propuestas formuladas impactan de manera positiva o negativa tanto en las partes interesadas como en el ambiente, esta fase permitió identificar la relación costo beneficio de cada propuesta formulada mediante la elaboración de la

matriz de Conesa simplificada, en la que se evaluó de manera cualitativa y cuantitativa los efectos generados [40].

Cuadro 1. Matriz Conesa - Criterios y Valores

Criterios de evaluación	Valores	
I	Importancia del impacto	
Naturaleza	Beneficioso	+
	Perjudicial	-
Intensidad (i)	Baja	1
	Total	12
Extensión (EX)	Puntual	1
	Parcial	2
	Extenso	4
	Total	8
	crítica	12
Momento (MO)	Largo plazo	1
	Mediano plazo	2
	Inmediato	4
	Crítico	8
Persistencia (PE)	Fugaz	1
	Temporal	2
	permanente	4
Reversibilidad (RV)	Corto plazo	1
	Mediano plazo	2
	Irreversible	4
Sinergia (SI)	Sin sinergismo	1
	Sinérgico	2
	Muy sinérgico	4
Acumulación (AC)	Simple	1
	Acumulativo	4
Efecto (EF)	Indirecto	1
	Directo	4
Periodicidad (PR)	Irregular	1
	Periódico	2
	continuo	4
Recuperabilidad (MC)	Recuperación inmediata	1
	Recuperable	2
	Mitigable	4
	Irrecuperable	8
Ecuación para el cálculo de la importancia de un impacto ambiental (I)	$I = +/- [3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$	
Calificación según resultado de la ecuación (CAL)	Bajo	<25
	Moderado	$25 \geq < 50$
	Severo	$50 \geq < 75$
	crítico	≥ 75

Fuente: [40]

Cuadro 2. Matriz Conesa Simplificada

Etapa	Aspe cto	Impa cto	compon ente	Sig no	Intensi dad	Exten sión	Mom ento	Perman encia	Reversib ilidad	Siner gia	Acumul ación	Efe cto	Periodi cidad	Recupera bilidad	Valor import ancia	Califica ción
Levanta miento topográfi co general																
Reparaci ón en muros de contenci ón																
Instalaci ón de dispositiv os de control de presión																
Construc ción de nuevo desarena dor																
Rehabilit ación de la PTAP																

Fuente: [40]

La formulación de propuestas estuvo enfocada a contribuir al logro de los objetivos trazados en el Plan Hídrico Nacional; Oferta, Demanda, Calidad, Riesgos, según la directriz expuesta en el Informe Mundial de Recurso Hídrico; Gobernanza del Agua, atendiendo a cuatro dimensiones; económica en relación con los sectores productivos, social con la intervención de los directos beneficiarios, política mediando los entes territoriales y ambiental para un manejo sostenible del recurso [41].

Para el logro de los objetivos propuestos concerniente a la presentación del plan de mejoramiento del sistema y como herramienta de monitoreo; se crearon fichas de apoyo que contienen metas a corto y mediano plazo, incluidas actividades a realizar con sus respectivos indicadores y responsables de ejecución. Aludiendo a la necesidad de realizar un trabajo articulado, en el que se genere un acompañamiento técnico y de fortalecimiento a las capacidades comunitarias cuyo eje central sea el logro de un desarrollo sostenible plasmado en el objetivo 6 "Agua limpia y Saneamiento [42].

Los resultados obtenidos durante la ejecución del proyecto, así como información sobre hallazgos en el sistema, se consignaron en un documento presentado ante el supervisor encargado y posteriormente ante personal académico.

6. RESULTADOS

Conforme a los objetivos planteados de trabajo, para lograr la formulación de propuestas de mejoramiento en el sistema de suministro hídrico de las veredas El Arca y Quinamayó, en desarrollo de la metodología propuesta se presentan los resultados obtenidos en cada fase.

6.1. ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA Y OPERACIÓN DEL SISTEMA DE SUMINISTRO HÍDRICO ARCA-QUINAMAYÓ.

Esta fase permitió conocer de manera directa el mayor número de falencias que presenta el sistema, donde la falta de una acción intersectorial coordinada ha sido uno de los principales aspectos en el déficit de operación, a continuación, se presentan antecedentes que convergieron en la implementación del acueducto, información recopilada en la aplicación de la lista de chequeo y generalidades.

6.1.1. Antecedentes

En la vereda Quinamayó hacia el año de 1997, un grupo de personas en busca de satisfacer la necesidad de agua en cantidad necesaria para sus actividades, tuvieron la idea de captar el recurso de la quebrada Los Ángeles, sin embargo, la demanda era creciente frente a la oferta, de allí que se optara por un nuevo afluente y se llegó a la quebrada La Salina en jurisdicción de Mandivá. Se realizaron diferentes actividades y eventos públicos para la recolección de fondos que solventaran los costos generados, previo a toda gestión se efectuaron visitas de reconocimiento a la zona del afluente y respectivos aforos, que permitieron determinar el caudal y la viabilidad de este como fuente de abastecimiento. Se da inicio a la obra sin planos de diseño como soporte, dando como resultado el traslado de gran cantidad de material rocoso de manera innecesaria donde se presumía quedaría el tanque de almacenamiento. A través de la administración municipal de la época se da la consecución de algunos recursos que permitieron la construcción de la bocatoma, desarenador y tanque de almacenamiento.

En busca del fortalecimiento del sistema, se estimó la construcción de la planta de tratamiento tomando como opción viable la creación de una FIME. Una vez asignados los recursos para la compra del lote donde operaría la planta, estos debían ser ejecutados de manera inmediata, se procedió con la compra del terreno y se iniciaron las obras sin prever las condiciones hidráulicas del sistema, quedando la planta por encima de la cota de bocatoma y el desarenador no permitiendo la llegada del flujo por gravedad, frente a ello la empresa municipal Emquilichao recurre a la construcción de nuevas estructuras bajo condiciones de cotas superiores a la registrada en la planta potabilizadora.

Para el año 2004 se encuentra en operación la bocatoma y la planta de tratamiento en etapa de prueba el desarenador solo fue construido hasta el año 2006, a partir del año 2010 entra en operación el sistema con el limitante del proceso de desinfección. Actualmente el lote donde está ubicada la PTAP no cuenta con escrituras propias, se ha respetado su derecho bajo documento de compraventa.

Las expectativas de la junta administradora se enmarcan en lograr suministrar un agua en condiciones de cantidad y calidad que puedan solventar de manera segura a la población, de allí que se esté gestionando recibir apoyo técnico para identificar las posibles soluciones al sistema. Durante las labores de operación se han identificado diferentes falencias como llegada del flujo inestable, fenómenos de sobrepresión y pérdida de caudal.

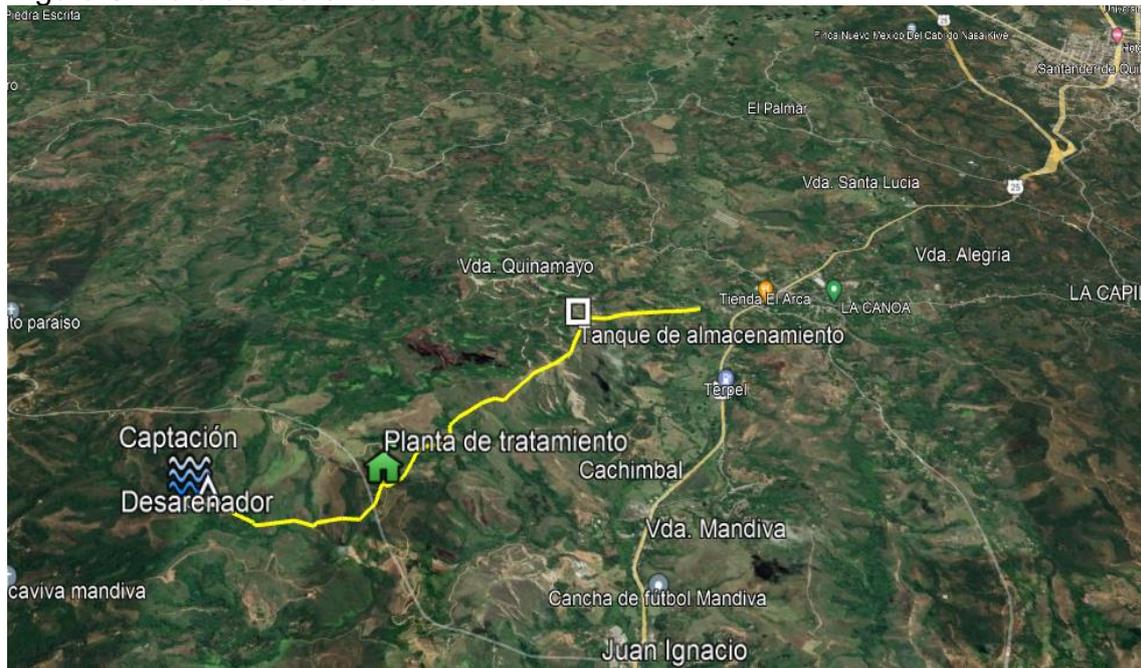
En consulta realizada en las diferentes dependencias municipales no se encontró documentación particular del acueducto, un funcionario de la unidad de saneamiento informó que en algún momento se hizo un diagnóstico, pero la información no estaba disponible, se tuvo conocimiento de una cartilla llamada libro azul, en el que figura el acueducto Arca-Quinamayó identificando sus componentes sin entrar a mayor detalle de su operación. En entrevista en la oficina de servicios públicos (Emquilichao), se da a conocer la inexistencia de estudios realizados, planos o memorias de cálculo para el diseño del sistema, puesto que en el momento en el que se tuvo conocimiento de la diferencia de altura de la cota de la planta sobre la bocatoma, basados en plantillas propias y con intervención de la comunidad se construyen nuevas estructuras en campo, se optó por eliminar los archivos existentes al considerarlos no viables como soporte debido al cambio realizado.

Por parte de la junta administrativa se facilita copia de planos que datan del año 1998, corresponden a la línea de conducción y distribución vista en planta y perfil, en el que no se identifica la ubicación de la planta de tratamiento.

6.1.2. Ubicación del sistema - Aplicación lista de chequeo

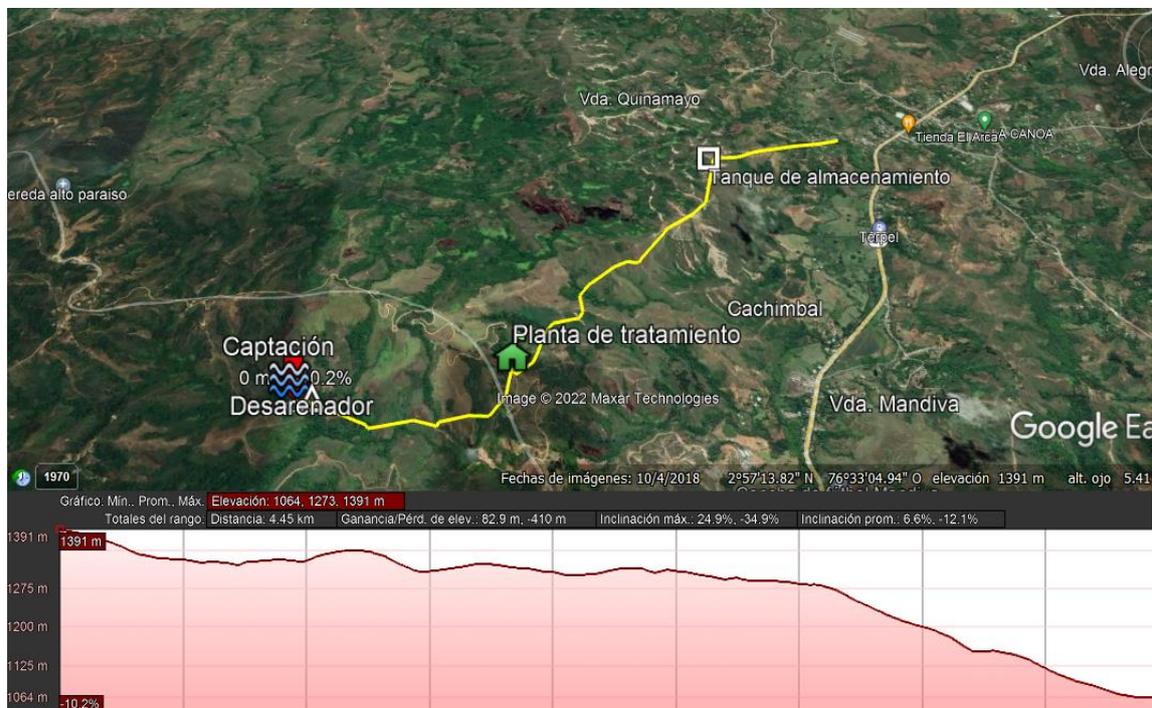
El sistema se encuentra ubicado en la parte sur del municipio de Santander de Quilichao, veredas El Arca y Quinamayó entre la cabecera municipal y la vereda Mandivá vía panamericana, cuenta con una longitud aproximada de 6 kilómetros partiendo de la zona de captación a la entrada del centro poblado. La bocatoma se encuentra en la vereda Alto Sanjosé (jurisdicción de Mandivá) a 10 kilómetros de la vía principal, cuyo acceso se da a través de una vía terciaria colindante de la vía panamericana a la altura del puente central, el sistema cruza las veredas La Salina, Santa Rosa, Los Ángeles finalizando en las veredas beneficiarias.

Figura 8. Ruta del sistema



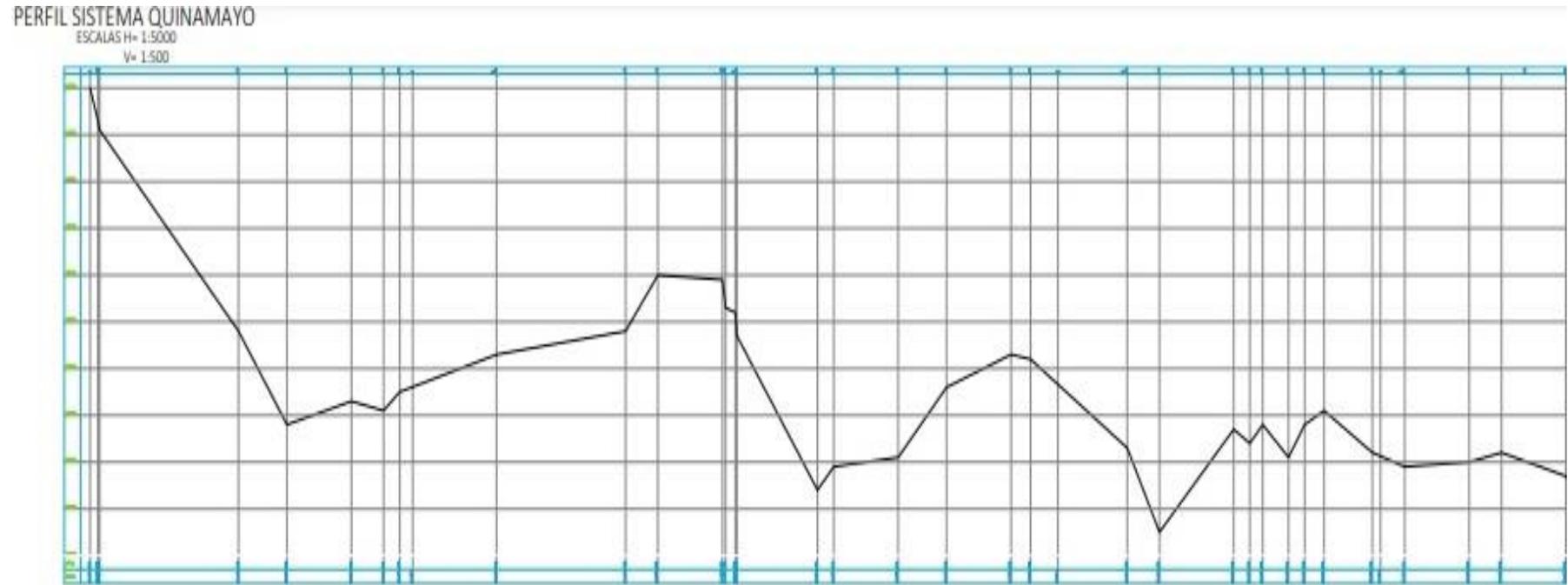
Fuente: adaptado de: Imagen satelital Google Earth Pro. [Obtenida: 20 de marzo de 2022].

Figura 9. Perfil de elevación



Fuente: consultado a partir de: adaptación sobre Imagen satelital Google Earth Pro. [Obtenida: 20 de marzo de 2022].

Figura 10. Línea de conducción sistema Arca-Quinamayó



Fuente: Alcaldía Municipal de Santander de Quilichao.

En los días programados se realizaron las respectivas visitas técnicas, aplicando lista de chequeo al sistema cuyo formato corresponde al anexo 3 del presente documento, a continuación, se presenta el perfil básico de ubicación y descripción general de cada uno de los componentes y accesorios.

a) Bocatoma

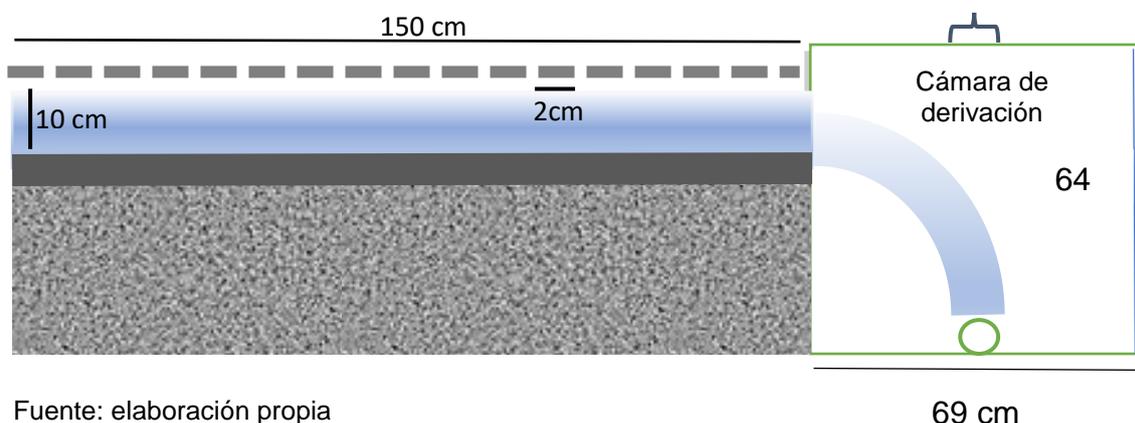
Cuadro 3. Datos de localización - bocatoma

Fuente de captación	Quebrada Chuspillas		
Altura (m.s.n.m)	1400		
abscisa	K0 + 000		
Coordenadas	N	W	
	02°57'13.2"	76°33'04.8"	

Fuente: Elaboración propia

Captación mixta (lateral sumergida), rejilla de 1,50 m de largo x 18 cm de ancho, varilla de 3/8 con espacio entre barrotos de 2cm y profundidad del canal de 10 cm. Se evidencia adaptación artesanal para facilitar la captación del caudal necesario, además de fugas en la parte inferior y lateral izquierda de los muros de contención.

Figura 11. Captación - vista perfil



Fuente: elaboración propia

b) Cámara de derivación

Medidas internas de 69 cm x 76 cm x 64 cm de profundidad, no cuenta con válvula de lavado presenta adaptación de tapones en madera. En este compartimiento se realiza el primer aforo volumétrico, encontrando un caudal captado de 5 l/s (valor aproximado). La tubería que conduce al desarenador se

encuentra descubierta en buen estado, registrando tubería de hierro galvanizado a razón de 18 m y 6 m en tubo de PVC RDE 26 para un total de 24 m.

c) Desarenador

Cuadro 4. Datos de localización - desarenador

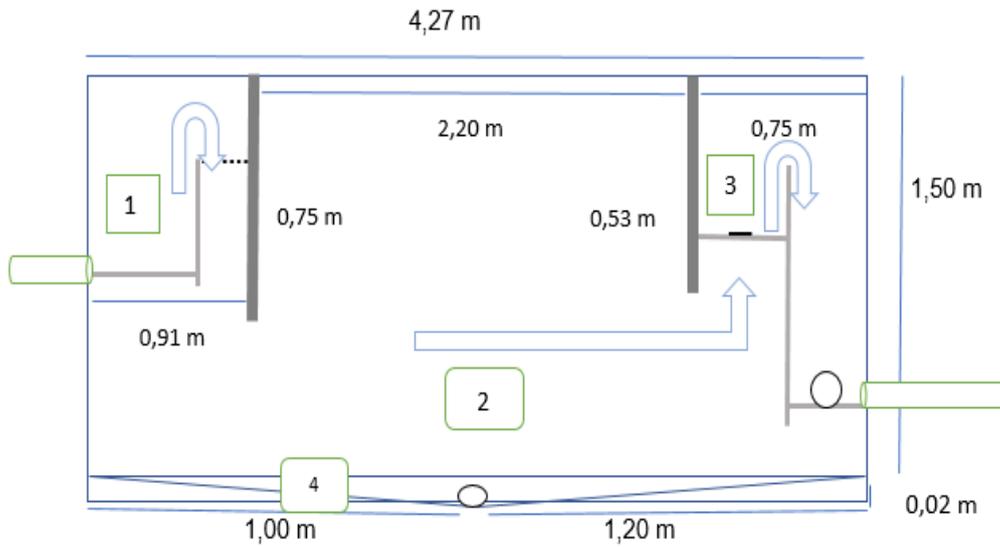
Ubicación	Zona ribera de la quebrada Chuspillas		
Altura (m.s.n.m)	1393		
Abscisa	K0 + 024		
Coordenadas	N	W	
	02°57'13.2"	76°33'03.6"	

Fuente: Elaboración propia

Medidas externas: 4,27 m largo x 1,35 ancho, profundidad útil de 1,50 m. La cámara de aquietamiento con un ancho útil de 1 metro, presenta una longitud de 47 cms al encuentro del vertedero cuya altura de 23 cms y espesor de 10 cms, luego del cual se halla baffle con orificios de diámetro de pulgada y media (3.81cms) los cuales controlan el paso del flujo, el espacio ocupado por el baffle corresponde a 34 cms para un total de 91 cms utilizados en la cámara, seguidamente se encuentra la zona útil con longitud de 2,20 m, terminando en la cámara de salida en la cual se halla un vertedero de ancho 6 cms y profundidad de 27 cms, el largo de la cámara equivale a 75cms. La salida del flujo ocurre al fondo de la cámara en la parte central de la misma mediante tubería de 3".

La estructura actualmente se encuentra fuera de funcionamiento debido a que al momento de operar esta se reboza, razón por la cual el paso del caudal es directo por medio de by-pass permitiendo la aducción del flujo a la planta de tratamiento, este se encuentra adaptado con válvula de paso y tubería de 3". Se observa conexión extra que conduciría parte del caudal del desarenador cuyo fin sería unirlo con el flujo de la tubería principal, dicha conexión se hizo pensando en aumentar el flujo a ser tratado en la PTAP, la adaptación se ha hecho con válvula y tubería de 4" a razón de 60 metros, sin embargo, los resultados no fueron los esperados y actualmente la conexión al igual que el desarenador no operan.

Figura 12. Desarenador - corte longitudinal



Zonas	
1	Cámara de quietamiento
2	Zona útil
3	Canaleta de salida
4	Zona de lodos

Fuente: Elaboración propia

d) Accesorios, válvulas y viaducto trayecto desarenador – PTAP

Entre los componentes principales del sistema, se encuentran accesorios como válvulas que permiten la eliminación de aire o sedimentos y viaductos para salvar condiciones del terreno no favorables.

Válvula de Ventosa Nro.1

Cuadro 5. Datos de localización – estado de operación ventosa 1

Ubicación	altura	1391		
m.s.n.m				
Abscisa		K0 + 030		
Coordenadas	N	W		
		02°57'13.5"	76°33'02.7"	

Estado	Operando con mantenimiento semanal.	
--------	-------------------------------------	--

Fuente: Elaboración propia

Viaducto Nro.1

Cuadro 6. Datos de localización – estado de viaducto

Ubicación altura m.s.n.m	1348		
Abscisa	K0 + 460		
Coordenadas	N	W	
	02°57'10.4"	76°32'53.6"	
Observación	Tramo con longitud de 18 m en hierro galvanizado.		

Fuente: Elaboración propia

Válvula de Ventosa Nro.2

Cuadro 7. Datos de localización - estado de operación ventosa 2

Ubicación altura m.s.n.m	1328		
Abscisa	K0 + 610		
Coordenadas	N	W	
	02°57'09.9"	76°33'53.3"	
Estado	Opera sin mantenimiento por falta de llave de corte.		

Fuente: Elaboración propia

Válvula de Ventosa Nro.3

Cuadro 8. Datos de localización - estado de operación ventosa 3

Ubicación altura m.s.n.m	1333		
Abscisa	K0 + 810		
Coordenadas	N	W	
	02°57'11.5"	76°32'46.7"	

Estado	Opera en condiciones similares a la ventosa Nro.2.	
--------	--	--

Fuente: Elaboración propia

Válvula de Ventosa Nro.4

Cuadro 9. Datos de localización – estado de operación ventosa 4

Ubicación altura m.s.n.m	1331		
Abscisa	K0 + 910		
Coordenadas	N	W	
	02°57'10.7"	76°32'43.0"	
Estado	Opera en condiciones similares a la ventosa Nro.2.		

Fuente: Elaboración propia

Válvula de Purga Nro.1

Cuadro 10. Datos de localización – estado de operación purga 1

Ubicación altura m.s.n.m	1335		
Abscisa	K0 + 960		
Coordenadas	N	W	
	02°57'11.3"	76°32'42.6"	
Estado	Opera correctamente, se realizó cambio en el año en curso debido a fallas de los componentes.		
Observación	Se considera, según la disposición del terreno y ubicación de la válvula, su altura debería ser menor a la registrada anteriormente.		

Fuente: Elaboración propia

Válvula de Ventosa Nro.5

Cuadro 11. Datos de localización – estado de operación ventosa 5

Ubicación altura m.s.n.m	1343		
Abscisa	K1 + 260		
Coordenadas	N	W	

	02°57'12.3"	76°32'38.2"	
Estado	Opera con mantenimiento semanal.		

Fuente: Elaboración propia

Válvula de Ventosa Nro.6

Cuadro 12. Datos de localización – estado de operación ventosa 6

Ubicación altura m.s.n.m	1348		
Abscisa	K1 + 660		
Coordenadas	N	W	
	02°57'12.4"	76°32'35.0"	
Estado	Opera sin mantenimiento, según se explica, la última vez que se realizó limpieza, se desprendió desde el collarín, se optó por dejarla sin moverla para evitar daños mayores.		

Fuente: Elaboración propia

Válvula de Ventosa Nro.7

Cuadro 13. Datos de localización – estado de operación ventosa 7

Ubicación altura m.s.n.m	1360		
Abscisa	K1 + 1760		
Coordenadas	N	W	
	02°57'15.3"	76°32'32.6"	
Estado	Opera con mantenimiento semanal, se facilita su limpieza al poder aislarse a través de la válvula de corte.		

Fuente: Elaboración propia

Observaciones adicionales:

Se evidencia falla y pérdida de terreno sobre la cota 1333, coordenadas N 02°57'11.7" W 76°32'41.6" lugar en el que se hallaba válvula de ventosa la cual fue retirada, se pensó que la operación de la misma contribuyó al deslizamiento del terreno.

e) PTAP (FIME) Filtro Grueso Dinámico

Cuadro 14. Datos de localización F.G.D.

Ubicación m.s.n.m	altura	1359		
Abscisa	K1 + 960			
Coordenadas	N	W		
	02°57'20.7"	76°32'32.1"		

Fuente: Elaboración propia

Se realiza aforo volumétrico del caudal de llegada al filtro, registrando un valor aproximado de 4,6 l/s. La estructura presenta 2 cuerpos de 3 m de largo por 1,18 m (izquierdo) y 1,25 m (derecho) de ancho, muro de separación de 15 cms de espesor, adicionalmente presenta cámaras de entrada y salida en las que se encuentra sistema de lavado y llaves de paso y/o control del sistema. Actualmente funciona en estado aceptable un solo cuerpo, debido a que la estructura del lado derecho no opera correctamente presentando reboce al momento de entrar en funcionamiento, se realizan labores de mantenimiento diario en las cámaras de entrada retirando material flotante y cepillando las paredes, en la zona de filtración se realizan labores cada 8 días; estas consisten en introducir un palín y hacer movimientos en vaivén que permitan remover el lodo acumulado finalizando con choques en las válvulas de lavado.

Se observa que el material no se encuentra definido en capas, principalmente el cuerpo izquierdo presenta el material mezclado con diámetros que oscilan entre 1", 1/2" y 1/4", según lo informado hace más de 4 años no se retira el material ni se clasifica, aunado a que el agua llega sin pretratamiento debido a la falta de operación del desarenador.

Filtro Grueso Ascendente

Cuadro 15. Datos de localización F.G.A.

Ubicación m.s.n.m	altura	1353		
Abscisa	K1 + 970			
Coordenadas	N	W		
	02°57'21.0"	76°32'31.7"		

Fuente: Elaboración propia

Se realiza aforo del caudal de entrada, registrando valor aproximado de 4,7 l/s, se encuentran 2 módulos de medidas internas de 4,22 m x 4,21 m, profundidad útil de 1,50 m y espesor de muros de 20 cms, al igual que en el caso anterior el material lleva 4 años sin ser retirado, las labores de mantenimiento se llevan a cabo cada 10 días; aflojando el material con la ayuda de un palín, posteriormente el agua es retirada por medio de tubos en PVC de 1y 1/2" con 6 m de longitud que se colocan de manera provisional para la evacuación del líquido, ya que de manera normal el proceso duraría todo el día y probablemente un poco más según manifiesta el señor operario de redes. El material se encuentra mezclado y según lo requerido la capa visible debería estar 15 cms por debajo de la lámina de agua, sin embargo, presenta 50 cms por debajo de la misma.

Filtro Lento Descendente

Cuadro 16. Datos de localización F.L.D

Ubicación m.s.n.m	altura	1352		
Abscisa	K2 + 000			
Coordenadas	N	W		
	02°57'20.0"	76°32'31.3"		

Fuente: Elaboración propia

Estructura fuera de funcionamiento, se observan 2 cuerpos con medidas de 7m x 7m cada uno y profundidad de 2,50 m, el cuerpo número 1 evidencia reparación en pared debido a problemas de filtración (corrección hecha hace aproximadamente 2 años), actualmente el filtro no opera ya que el material debe ser retirado, lavado y clasificado; se quedó en espera de clasificadora que prestaría funcionario de la dependencia de aguas, sumado a ello no se cuenta

con el espacio para depositar el material una vez este sea lavado para ser secado y almacenado, por su parte la caja de lavado presenta fracturamiento en el solado, se encuentra parte del material por fuera y el material en los tanques se encuentra colmatado, en las partes visibles de las flautas muestra saturación de lodo y crecimiento de hierbas.

En el área complementaria de este proceso se encuentra la estructura receptora de agua tratada, pese a contar con el tanque y el insumo para dosificar según se requiera la desinfección bajo los resultados del análisis de agua, la estructura nunca ha entrado en funcionamiento, debido a la falta de tratamientos primarios y estudios de calidad.

e) Accesorios, válvulas y viaductos trayecto PTAP – Tanque de almacenamiento

En el trayecto de aproximadamente 4 kilómetros se encuentran 16 válvulas de ventosa de las que se describe su condición y funcionamiento. Se aprecian viaductos en tramos de humedales y zona de hondonada.

Válvula de Ventosa Nro.8

Cuadro 17. Datos de localización – estado de operación ventosa 8

Ubicación altura m.s.n.m	1347		
Abscisa	K2 + 005		
Coordenadas	N	W	
	02°57'20.3"	76°32'31.00"	
Observaciones	Ventosa con adaptación de manera artesanal (tapón de PVC), debido a que la asignada técnicamente mantenía muy húmeda la zona y facilitaba deslizamiento del terreno. se usa cuando la tubería se encuentra totalmente vacía y se necesita una mayor evacuación de aire para reactivar el servicio en menor tiempo.		

Fuente: Elaboración propia

Viaducto Nro.2

Cuadro 18. Datos de localización – estado viaducto 2

Ubicación altura m.s.n.m	1314		
Abscisa	K2 + 255		
Coordenadas	N	W	
	02°57'23.0"	76°32'28.7"	
observaciones	Viaducto de 12 m de longitud en tubería de PVC. Ubicado en zona boscosa protegido de animales de pastoreo.		

Fuente: Elaboración propia

Válvula de Ventosa Nro.9

Cuadro 19. Datos de localización – estado de operación ventosa 9

Ubicación altura m.s.n.m	1319		
Abscisa	K2 + 305		
Coordenadas	N	W	
	02°57'24.6"	76°32'28.2"	
Estado	Funciona, sin mantenimiento por falta de válvula de cierre.		

Fuente: Elaboración propia

Viaducto Nro.3

Cuadro 20. Datos de localización – estado viaducto 3

Ubicación altura m.s.n.m	1321		
Abscisa	K2 + 505		
Coordenadas	N	W	
	02°57'29.0"	76°32'26.9"	
Estado	Viaducto en PVC de 14 m de longitud en buen estado.		

Válvula de Ventosa Nro.10

Cuadro 21. Datos de localización – estado de operación ventosa 10

Ubicación altura m.s.n.m	1336		
Abscisa	K2 + 655		
Coordenadas	N	W	
	02°57'30.7"	76°32'25.8"	
Estado	Funciona correctamente, permite labores de mantenimiento.		

Fuente: Elaboración propia

Válvula de Ventosa Nro.11

Cuadro 22. Datos de localización – estado de operación ventosa 11

Ubicación altura m.s.n.m	1343		
Abscisa	K2 + 855		
Coordenadas	N	W	
	02°57'32.2"	76°32'21.4"	
Estado	No existe la válvula como tal, debido a que esta se encontraba en un paso público sin respectiva protección y la gente la dañaba frecuentemente, de manera provisional se tiene un tapón en PVC el cual es retirado constantemente para evitar obstrucciones.		

Fuente: Elaboración propia

Válvula de Ventosa Nro.12

Cuadro 23. Datos de localización – estado de operación ventosa 12

Ubicación altura m.s.n.m	1342		
--------------------------	------	--	--

Abscisa	K2 + 915		
Coordenadas	N	W	
	02°57'33.3"	76°32'21.0"	
Estado	Funciona correctamente, a diferencia de las que se ubican en el trayecto bocatoma – planta, esta se escucha en operación constante, así lo manifiesta el señor operario.		

Fuente: Elaboración propia

Viaducto (laguna) Nro.4

Cuadro 24. Datos de localización – estado viaducto 4

Ubicación altura m.s.n.m	1323		
Abscisa	K3 + 215		
Coordenadas	N	W	
	02°57'38.3"	76°32'21.8"	
Estado	Estructura en PVC, protegida por ángulos de hierro, anteriormente de 17 metros, debido a impactos arbóreos se reubica y se corta su trayecto quedando en 11 m.		

Fuente: Elaboración propia

Válvula de Ventosa Nro.13

Cuadro 25. Datos de localización – estado de operación ventosa 13

Ubicación altura m.s.n.m	1305		
Abscisa	K3 + 315		
Coordenadas	N	W	
	02°57'39.7"	76°32'20.1"	
Estado	Funciona sin mantenimiento por falta de llave de corte, por la ubicación de la ventosa en un cambio fuerte de sección, se hace prioritario instalar llave que permita la manipulación.		

Fuente: Elaboración propia

Válvula de Ventosa Nro.14

Cuadro 26. Datos de localización – estado de operación ventosa 14

Ubicación altura m.s.n.m	1327		
Abscisa	K3 + 545		
Coordenadas	N	W	
	02°57'42.6"	76°32'16.1"	
Estado	Opera en buen estado.		

Fuente: Elaboración propia

Viaducto Nro.5

Cuadro 27. Datos de localización – estado viaducto 5

Ubicación altura m.s.n.m	1324		
Abscisa	K3 + 595		
Coordenadas	N	W	
	02°57'43.5"	76°32'15.6"	
Estado	Estructura de 6 m en tubo de hierro galvanizado.		

Fuente: Elaboración propia

Válvula de Ventosa Nro.15

Cuadro 28. Datos de localización – estado de operación ventosa 15

Ubicación altura m.s.n.m	1328		
Abscisa	K3 + 635		
Coordenadas	N	W	
	02°57'43.8"	76°32'14.8"	
Estado	Se colocan tubos en PVC de ¾ y ½" a razón de 1,20 y 1,50 m respectivamente, para lograr una mayor evacuación del aire.		

Fuente: Elaboración propia

Válvula de Ventosa Nro.16

Cuadro 29. Datos de localización – estado de operación ventosa 16

Ubicación altura m.s.n.m	1321		
Abscisa	K3 + 715		
Coordenadas	N	W	
	02°57'44.5"	76°32'13.3"	
Estado	Funciona con adaptación similar a la válvula Nro. 15.		

Fuente: Elaboración propia

Válvula de Ventosa Nro.17

Cuadro 30. Datos de localización – estado de operación ventosa 17

Ubicación altura m.s.n.m	1328		
Abscisa	K3 + 765		
Coordenadas	N	W	
	02°57'44.5"	76°32'12.2"	
Estado	Funciona con adaptación similar a la válvula Nro.15.		

Fuente: Elaboración propia

Válvula de Ventosa doble Nro.18

Cuadro 31. Datos de localización – estado de operación ventosa 18

Ubicación altura m.s.n.m	1331		
Abscisa	K3 + 825		
Coordenadas	N	W	
	02°57'44.6"	76°32'11.3"	
Estado	Se ha construido una ventosa artesanal a manera de ducto de evacuación, debido a la dificultad para operar la técnicamente instalada.		

Fuente: Elaboración propia

Válvula de Ventosa Nro.19

Cuadro 32. Datos de localización – estado de operación ventosa 19

Ubicación altura m.s.n.m	1322		
Abscisa	K3 + 975		
Coordenadas	N	W	
	02°57'48.6"	76°32'08.1"	
Estado	Funciona en buen estado.		

Fuente: Elaboración propia

Válvula de Ventosa Nro.20

Cuadro 33. Datos de localización – estado de operación ventosa 20

Ubicación altura m.s.n.m	1319		
Abscisa	K4 + 075		
Coordenadas	N	W	
	02°57'53.7"	76°32'05.5"	
Estado	Funciona con adaptación similar a la válvula Nro. 15.		

Fuente: Elaboración propia

Válvula de Ventosa Nro.21

Cuadro 34. Datos de localización – estado de operación ventosa 21

Ubicación altura m.s.n.m	1320		
Abscisa	K4 + 275		
Coordenadas	N	W	
	02°57'55.2"	76°32'03.2"	
Estado	Opera en buen estado.		

Fuente: Elaboración propia

Válvula de Ventosa Nro.22

Cuadro 35. Datos de localización – estado de operación ventosa 22

Ubicación altura m.s.n.m	1322		
--------------------------	------	--	--

Abscisa	K4 + 375		
Coordenadas	N	W	
	02°57'56.6"	76°32'01.3"	
Estado	Válvula para cambio debido a inconsistencias encontradas, en las que se sospecha; en horas nocturnas la misma es retirada para suministrar agua a un lago piscícola colindante.		

Fuente: Elaboración propia

Válvula de Ventosa Nro.23

Cuadro 36. Datos de localización – estado de operación ventosa 23

Ubicación altura m.s.n.m	1317		
Abscisa	K4 + 575		
Coordenadas	N	W	
	02°58'00.2"	76°31'58.5"	
Estado	Funcionamiento en buen estado.		

Fuente: Elaboración propia

f) Tanque de Almacenamiento

Cuadro 37. Datos de localización – dimensionamiento del tanque

Ubicación altura m.s.n.m	1229		
Abscisa	K5 + 175		
Coordenadas	N	W	
	02°58'15.8"	76°31'55.5"	
Medidas internas	6,80m x 6,80 m x 2,50 m de profundidad.		

Fuente: Elaboración propia

Al momento de realizar el diagnóstico, el tanque se encuentra en buen estado salvo desnivel que se observa en la tapa lo cual genera encharcamiento, la llegada del flujo es inestable, sin embargo, al momento de realizar el aforo volumétrico se registra un caudal aproximado de 4.3 l/s. Cuenta con adaptación de by-pass, válvulas de cierre, una válvula de salida y válvula de lavado, las labores de mantenimiento son realizadas cada 4 meses, con variaciones si es

tiempo lluvioso en las que se realizan con mayor frecuencia, estas consisten en el vaciado del tanque y lavado de paredes con cepillo.

g) Accesorios, viaductos Tanque de almacenamiento – inicio de redes domiciliarias

Parte final del recorrido en el que se detalla solo 2 componentes en operación.

Viaducto Nro.6

Cuadro 38. Datos de localización – estado viaducto 6

Ubicación altura m.s.n.m	1097		
Abscisa	K5 + 975		
Coordenadas	N	W	
	02°58'23.3"	76°31'37.8"	
Estado	Viaducto de 4 m en tubería de PVC con protección en ángulos de hierro (ver fig. 55).		

Fuente: Elaboración propia

Válvula de cierre

Cuadro 39. Datos de localización – estado de operación válvula de cierre

Ubicación altura m.s.n.m	1067		
Abscisa	K6 + 275		
Coordenadas	N	W	
	02°58'27.4"	76°31'28.8"	
Estado	Opera correctamente, esta es cerrada cada noche, permitiendo el llenado del tanque de almacenamiento.		

Fuente: Elaboración propia

Resumen del estado del sistema

Cuadro 40. Estado general del sistema

Componente	Estado
Zona de captación	Funciona con adaptación artesanal que permite captar el caudal requerido, se evidencia fracturamiento en muros de contención de la presa.
Desarenador	Estructura fuera de operación, diseño irregular con ausencia de cámara de excesos y pendientes en zona de lodos del 2%,

Componente	Estado
	adaptación de by-pass que permite el paso del flujo.
Planta de tratamiento	Operación de 2 etapas de filtración (gruesa dinámica y ascendente) en estado deficiente, material mezclado y colmatado, la fase de filtración lenta no opera debido a la falta de adecuación de materiales y la rápida sobreacumulación de lodo como consecuencia del déficit de operación en el desarenador.
Líneas de aducción y conducción	Se encuentran en estado aceptable, en cortos tramos aún se observa tubería de hierro galvanizado.
Tanque de almacenamiento	Almacena la capacidad suficiente para solventar la demanda sin alcanzar el nivel límite, en la parte estructural se evidencia desnivel en la parte superior lo que genera encharcamiento.
Accesorios	Las válvulas de ventosa en su gran mayoría operan de manera deficiente, varias de ellas presentan adaptaciones artesanales para incrementar la evacuación de aire, no cuentan con llaves de corte, cajas de inspección ni drenajes correspondientes, sus diámetros se encuentran sobre ½".

Fuente: Elaboración propia

Generalidades

En el recorrido al sistema no se contó con equipo de precisión que certificara los datos de localización de los componentes en campo, no obstante, la georreferenciación con GPS permitió orientarse y observar algunos aspectos aquí descritos. Al realizar el recorrido partiendo del desarenador el cual se encuentra en la cota 1393, la tubería recorre una longitud aproximada de 610 m llegando a la cota 1328 (punto más bajo de la línea), continuando con una longitud en ascenso aproximada de 1350 m encontrando la planta de tratamiento sobre la cota 1359, en este punto el flujo llega con un caudal de 4,7 l/s, la llegada es inestable y en ocasiones se ve forzada.

Situación que se evidencia en mayor grado sobre la válvula de ventosa localizada en la cota 1348 a una longitud de 300 m del primer filtro (Filtro Grueso Dinámico), en la cual reiteradamente se registra la llegada del flujo sin avance hacia la planta de tratamiento, generando el corte del servicio y arduas labores por parte de los operarios, que deben recorrer el sistema operando accesorios que permitan la continuidad del flujo, sumado a tolerar un sin número de llamadas, quejas y reclamos por parte de la población. es preciso aclarar que el sistema cuenta con válvulas de ventosa en operación, sin embargo, el flujo presenta inestabilidad como consecuencia de la sobreacumulación de aire en la tubería.

En relación con las estructuras, como se mencionó en la parte de la bocatoma esta presenta una adaptación manual que permite sea captado el caudal requerido, se tomaron medidas en las primeras estructuras construidas, las cuales fueron contrastadas con las actuales en las cuales se observó; para el canal de captación se ha dejado una profundidad de 20 cms y en el actual solo 10 cms lo que conlleva a una menor captación.

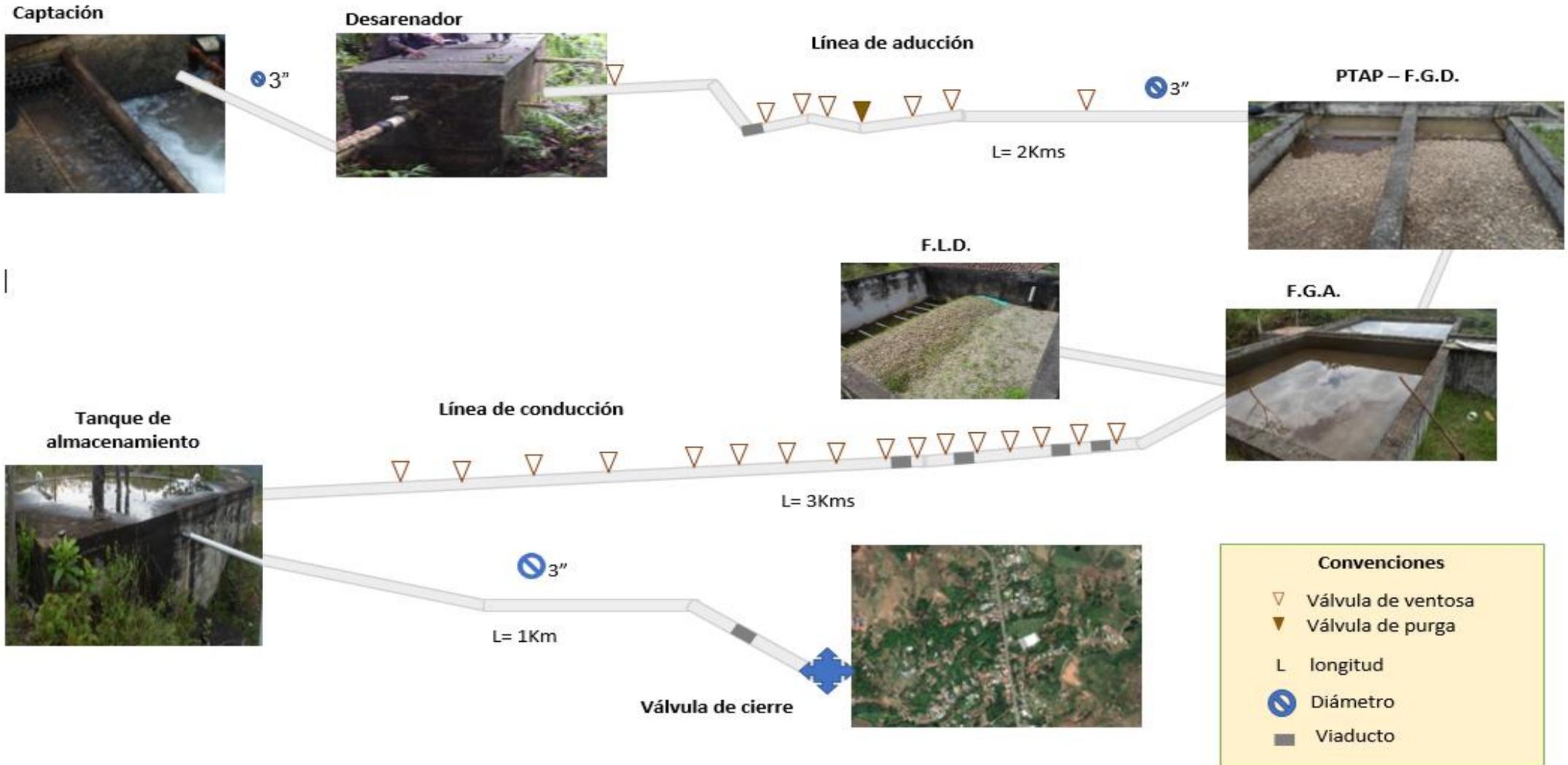
En el desarenador las medidas de profundidad en la zona de aquietamiento varían considerablemente, pasando de 45 cms (estructura antigua la cual limita con cámara de reboce) a 23 cms (estructura en estudio). Actualmente la estructura se encuentra fuera de funcionamiento lo que conlleva a que los filtros se colmaten rápidamente ya que el flujo pasa por medio de by-pass sin tratamientos preliminares. Los filtros grueso dinámico y grueso ascendente presentan el material mezclado con operación del 50 %, el filtro lento fuera de servicio con afectaciones en las flautas y sin disposición de material clasificado. No se cuenta con sistema de desinfección, pese a contar con el tanque para el proceso, este no se realiza debido al no encontrarse en funcionamiento los sistemas de tratamientos primarios.

Las condiciones de sobreacumulación de aire y el desconocimiento de válvulas de ventosa de mayor capacidad, han hecho que los operarios recurran a algunas adaptaciones como instalación de ventosas artesanales, situación referida en la válvula Nro.15. Partiendo del tanque de almacenamiento hacia el punto de entrada al caserío, donde se ubica la válvula de cierre hay una distancia aproximada de 1100 m, es un terreno con pendientes pronunciadas lo que hace que el flujo descienda con mayor presión, generando turbulencias y fenómenos de cavitación que resultan en afectaciones a la tubería considerando que esta presenta RDE 21 – 26, Caso ejemplo el registrado el día 23 de junio de 2021, en el cual se reporta daño en la conducción cerca de la válvula de cierre que permite el suministro a la población, se evidencia agrietamientos en la tubería y afectaciones en la llave de paso, la cual debe ser cerrada en las noches permitiendo que el tanque de almacenamiento llene y solvante la población durante el día, teniendo en cuenta que los puntos críticos solo reciben el suministro hasta aproximadas las 10 a.m.

En relación al cumplimiento de parámetros de calidad del agua para consumo humano, pese a no realizarse el muestreo para posterior análisis que diera lugar a resultados certificados, haciendo uso de información secundaria se infiere que su calidad no es apta para ingesta directa pese a contar con un sistema de potabilización, inferencia dada a partir del número de personas (>30%) que son atendidas en centros asistenciales de salud, por concepto o sintomatología de enfermedades infecciosas de origen hídrico, en las cuales los más afectados son la población infantil de 0 a 5 años, según el informe entregado por la secretaría municipal de salud corte a julio 2021.

Figura 13. Sistema General Arca Quinamayó

Esquema general del sistema Arca – Quinamayó



Fuente: Elaboración propia

6.2. CONDICIONES TÉCNICAS Y OPERATIVAS DEL SISTEMA CONFORME A LA NORMATIVIDAD VIGENTE

Con base en la información recopilada, se hicieron los estudios técnicos correspondientes que permitieron determinar las condiciones hidráulicas de operación de las estructuras, siendo sus resultados comparados con lo exigido por la normatividad colombiana en relación al diseño y operación de los sistemas de acueducto.

Figura 14. Paralelo de cumplimiento técnico y normativo, sistema de abastecimiento hídrico Arca-Quinamayó

COMPONENTE	CONDICIONES ESTRUCTURALES (ESTADO)	NORMAS DE CUMPLIMIENTO; RAS 2000, RESOLUCIONES 0330 DE 2017 Y 0844 DE 2018	OBSERVACIONES
CAPTACIÓN Mixta (lateral, sumergida)	Regular	No cumple, la capacidad de captación es inferior al caudal requerido (3,7 l/s). Se evidencia fractura en la parte lateral izquierda de los muros de contención.	No se encuentran planos de diseño de la estructura. La captación no cuenta con sistemas de protección y cercado.
DESARENADOR	Aceptable	El tiempo de retención hidráulico se encuentra en 8.82 minutos, siendo el mínimo requerido de 20 minutos. La estructura no presenta cámara de excesos, el tubo de 3" que cumple esta función se halla conectado a la zona útil, la tubería de ingreso del flujo se halla en la parte lateral inferior de la cámara de aquietamiento cuya altura de vertedero son 0.23 m, la profundidad de la pantalla de salida no cumple lo requerido de 0.75 m (altura útil/2) registrando una profundidad de 0.52 m, en la zona para almacenamiento de lodos se presenta una profundidad de 0.02m hacia la zona de la tubería de lavado para pendientes de 1.6 y 2%, no cumpliendo los requerimientos ni para la zona de almacenamiento ni en relación a las pendientes, las cuales deben estar sobre el 10%, cuya relación en la zona de lodos debe ser 10 a 1 con respecto a la longitud.	La verificación de parámetros como el volumen útil, área y carga superficial; arrojan datos no fiables debido a que estos dependen del tiempo de retención.

COMPONENTE	CONDICIONES ESTRUCTURALES (ESTADO)	NORMAS DE CUMPLIMIENTO; RAS 2000, RESOLUCIONES 0330 DE 2017 Y 0844 DE 2018	OBSERVACIONES
ADUCCIÓN Tramo 1.	Aceptable	El tramo de tubería que conduce de la captación al desarenador, supera el diámetro requerido registrando un diámetro de 3" frente al requerido de 2", la velocidad es aceptable siendo la mínima indicada de 0,5 m/s, registrando una velocidad de 1,08 m/s.	
ADUCCIÓN Tramo 2.	Aceptable	El diámetro que presenta la tubería en el tramo del desarenador a la planta (3"), se encuentra en el límite de condiciones necesarias para el transporte del caudal a tratar, no obstante, se presentan comportamientos de inestabilidad en el flujo y cavitación. El RDE utilizado (21) es acorde a la presión de trabajo, permitiendo presiones hasta de 200 psi (140 m.c.a.), según lo recomienda el fabricante del ducto.	Se registra conexión extra en la canaleta de salida en el desarenador al encuentro con la tubería principal a razón de 60 metros (conexión hecha en tubo de 4"), buscando aumentar el flujo y la estabilidad de este en la llegada a la planta. La conexión se encuentra fuera de servicio.
PLANTA DE TRATAMIENTO - FIME Filtro Grueso Dinámico (F.G.D.)	Aceptable	El agua llega por gravedad, fácil acceso a conexión eléctrica, el sitio presenta buen drenaje, garantiza la evacuación de aguas de lavado de los componentes, no presenta zona de protección ambiental y social, área limitada. En relación con el rango de tasa de filtración; no cumple, excediendo el rango establecido de 72 m ³ /m ² día, registrando un valor de tasa de 576 m ³ /m ² día, la profundidad del medio se encuentra 10 centímetros por encima del rango estipulado (0.70 m – 0.60 m).	Las capas del medio filtrante se encuentran mezcladas, se evidencia sobreacumulación de lodo.
Filtro Grueso Ascendente (F.G.A)	Aceptable	Se registra una tasa de filtración de 500 m ³ /m ² día, siendo el rango óptimo de 14.4 m ³ /m ² día, la profundidad del medio filtrante se encuentra al límite con un valor de 0.90m.	Filtro colmatado, 4 años sin lavar el material filtrante, el mantenimiento realizado obliga a sacar el agua turbia cebando tubos que son usados de manera

COMPONENTE	CONDICIONES ESTRUCTURALES (ESTADO)	NORMAS DE CUMPLIMIENTO; RAS 2000, RESOLUCIONES 0330 DE 2017 Y 0844 DE 2018	OBSERVACIONES
			provisional, de lo contrario tomaría más de un día su evacuación.
Filtro Lento Descendente (F.L.D.)	No aceptables	Estructura fuera de servicio.	Elementos corroídos, lecho filtrante colmatado, aguas estancadas que generan proliferación de vectores.
CONDUCCIÓN	Aceptables	Tubería de diámetro apto para el transporte del caudal.	
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	Aceptables	La capacidad en el tanque de almacenamiento se encuentra en el límite requerido; 1/3 del volumen distribuido a la zona, en el día de máximo consumo (capacidad 106352 litros – requerido 106560 litros).	La tapa presenta nivel de encharcamiento.
ACCESORIOS EN LA LÍNEA DE ADUCCIÓN Y CONDUCCIÓN	Aceptables	Las válvulas de ventosa presentan diámetro inferior al mínimo requerido de 25mm (1 pulgada), encontrando válvulas en operación de media pulgada, la mayoría sin presencia de válvulas de corte que permitan ser aisladas, no se encuentran protegidas por cámara de inspección y carecen de drenaje de aguas, no obstante, se han colocado válvulas de ventosa en los puntos altos y en algunos puntos de cambios fuertes de sección en el terreno. Se cuenta con válvulas de corte al inicio y fin de la conducción. Se registra solo una válvula de purga en el tramo de aducción sin protección de cámara de inspección. No es posible establecer si en el caso de uniones, tees o demás accesorios se atendió al manual establecido por las normas colombianas o las que aplique en cada caso.	El desconocimiento por parte de los operarios de válvulas de ventosa de mayor capacidad dio lugar a la adaptación de ventosas artesanales que permitieran una mayor evacuación de aire.

Fuente: Elaboración propia

Frente a la situación registrada, con fundamento en copia de planos suministrados por miembro de la junta ASOARQUIN se toma en consideración, los diseños de líneas de conducción y planta potabilizadora, fueron elaborados hacia el año 1998 en el cual no había entrado en vigencia la normativa bajo la cual se ha evaluado el sistema, aunado a ello las estructuras fueron construidas a partir del año 2000 empezando a operar en el año 2010, técnicamente se encontrarían sus estructuras sobre un periodo corto de vida útil, con ampliación de cobertura a 80 familias aproximadamente no excediendo la capacidad actual de caudal a tratar por la planta potabilizadora.

Se dio cumplimiento en la presentación del informe preliminar ante la supervisora encargada, el cual contenía el resumen de la situación encontrada en el sistema colocando en contexto la problemática en torno a la necesidad del recurso, de lo cual se tuvo como observación, *“se debe incluir por escrito la responsabilidad que tiene la junta administradora sobre el déficit que presenta el sistema”*, se estipuló la pronta formulación de propuestas con su respectivo presupuesto, que facultara conocer el orden de inversiones a ser incluidas en el presupuesto anual 2022 – 2023.

6.3. PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO HÍDRICO

La formulación se realizó priorizando el mínimo costo económico, social y ambiental, haciendo uso y aprovechamiento de la infraestructura existente, con el fin de generar un suministro continuo de agua potable. Con base en parámetros técnicos establecidos acorde a la normatividad vigente, se presentaron las siguientes propuestas de mejoramiento con su respectivo presupuesto, no sin antes hacer énfasis en la importancia del levantamiento topográfico general, el cual dará lugar a resolver diferentes cuestionamientos principalmente sobre la ubicación de las redes de aducción y conducción del flujo.

6.3.1. Levantamiento topográfico general

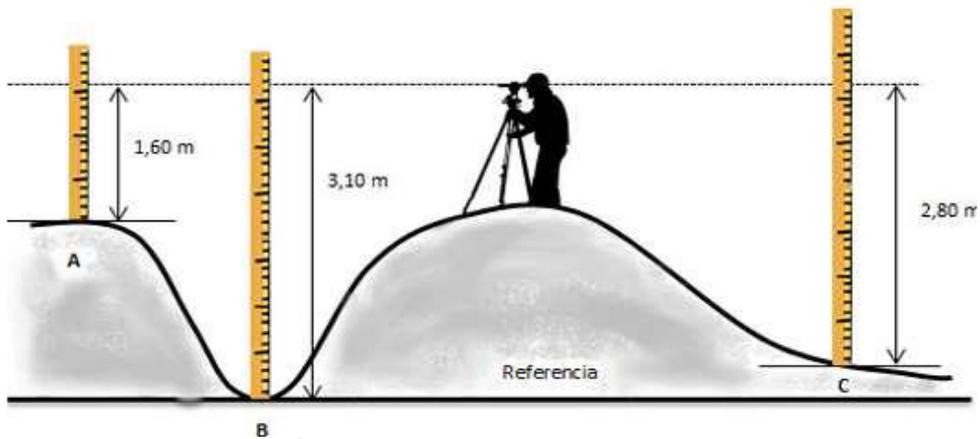
Se pudo constatar que el sistema no registra un levantamiento topográfico punto a punto, en el plano no se identifica la ubicación de la planta de tratamiento ni accesorios como válvulas de ventosa, funcionario encargado del área de estudios y diseños en la empresa de servicios públicos EMQUILICHAO manifiesta, *“posiblemente las cotas que se registran en los planos fueron colocadas de manera arbitraria no servirían para análisis ni toma de decisiones respecto a la situación actual”*, de ahí que este estudio sea el punto de partida.

Figura 15. Costos levantamiento topográfico

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO GENERAL				
ÍTEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Estudio topográfico	1	Levantamiento topográfico a detalle con estación total	2,500,000.00	2,500,000.00

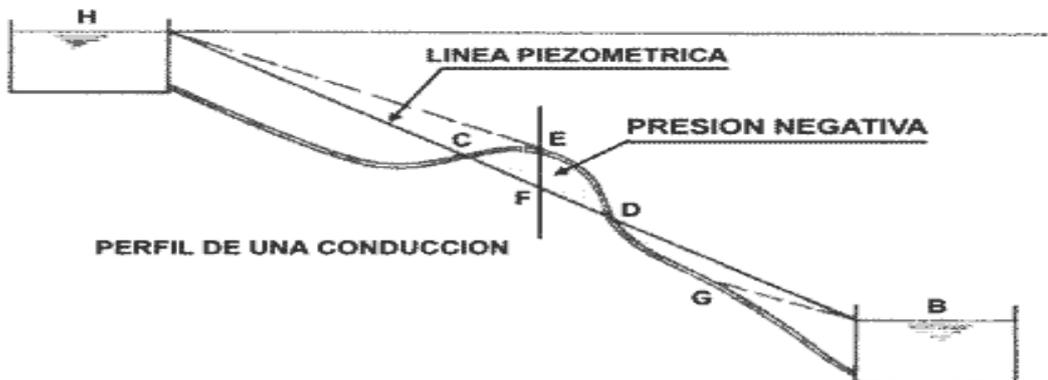
Fuente: Emquilichao

Figura 16. Levantamiento topográfico



Fuente: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BELLAVISTA. Levantamiento topográfico [imagen]. Construcción civil. [consultado: 29 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://erp.iestbellavista.edu.pe/upload/al20210422054538431phprstey70.pdf>

Figura 17. Línea de presiones



Fuente: VAPS. Trazado de la línea de aducción [imagen]. Topografía y aducciones. Bolivia. [Consultado: 29 de marzo de 2022]. Disponible en: https://www.bivica.org/files/6006_M%C3%B3dulo2_C3%20Tema5%20Topografia.pdf

6.3.2. Adecuación en la zona de captación

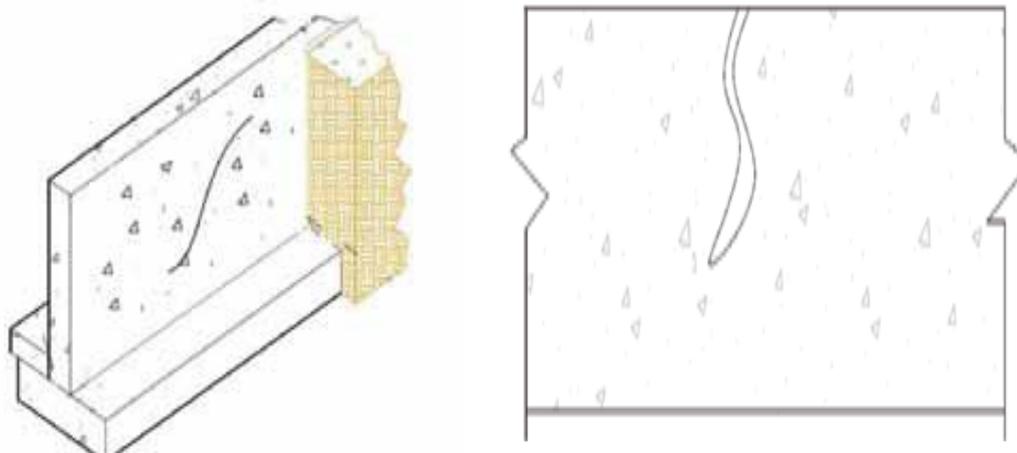
Se encuentran fugas en los muros de contención, lo que indica posibles fisuras o fallas en la estructura misma de los muros, estas deben ser reparadas o se debe hacer el reemplazo de la estructura.

Figura 18. Fracturamiento en muros



Fuente: Propia del proyecto

Figura 19. Fisuras estructural y dinámica



Fuente: EUCLID CHEMICAL TOXEMENT. Fisuras estructurales y dinámicas [imagen]. Guía para la reparación de fisuras en muros y tanques de concreto. Colombia, diciembre 2012. [Consultado: 29 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.toxement.com.co/media/3412/guia-para-la-reparacion-de-fisuras-en-muros-y-tanques.pdf>

Figura 20. Presupuesto reparación de muros de contención

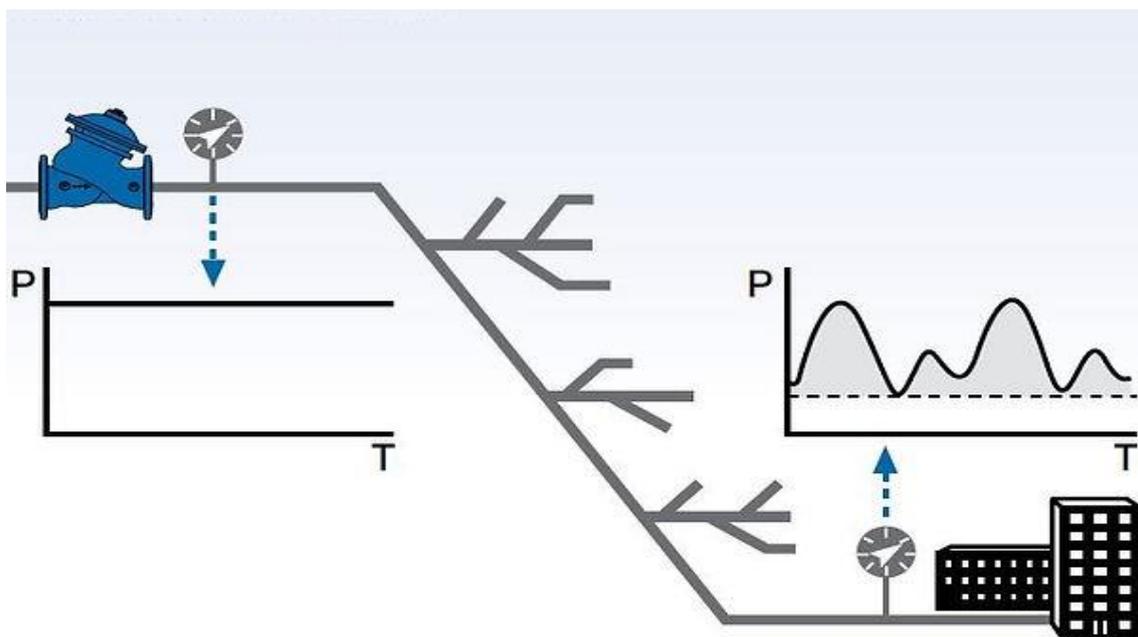
REPARACIÓN EN MUROS DE CONTENCIÓN					
ÍTEM	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Materiales					
Cemento	10	Bultos	Material base de mezcla para obras de construcción.	26,000.00	260,000.00
Mixto	2	m ³		50,000.00	100,000.00
Tubos PVC Ø 4"x 3m	1	tubo	Captación temporal del caudal	52,000.00	52,000.00
Codo PVC Ø 4" 45°	1	Accesorio	Adaptación de limpieza	14,000.00	14,000.00
Tapón PVC Ø 4"	1	Accesorio		20,000.00	20,000.00
Tablas de madera basta	6	Unidades	Encofrado	8,000.00	48,000.00
				Subtotal	494,000.00
Transporte					
Acarreo de materiales	1	Viajes	Traslado de materiales vía carreteable	150,000.00	150,000.00
Arrastre de materiales	2	Días	Traslado de materiales vía boscoza	80,000.00	160,000.00
				Subtotal	310,000.00
Herramientas					
Pala	2	Unidades	Ejecución de la obra	25,000.00	50,000.00
Palín	2	Unidades		35,000.00	70,000.00
Carreta buggy	2	Unidades		250,000.00	500,000.00
				Subtotal	620,000.00
Mano de obra					
Obreros	5	Jornales	Realizar labores de concernientes a la obra	40,000.00	200,000.00
Maestro	1	Día	Director de la obra	100,000.00	100,000.00
				Subtotal	300,000.00
				Total	1,724,000.00

Fuente: Alcaldía Municipal Santander de Quilichao

6.3.3. Control de presión en los tramos captación-desarenador y tanque de almacenamiento- válvula de cierre

El diámetro que presenta la tubería en el tramo de aducción captación-desarenador obedece a 3" siendo el requerido de 2" generando incrementos de presión en la tubería, a ello se suma la pérdida de carga equivalente a 7 metros en solo 24 metros de longitud, lo que hace que el flujo llegue a la estructura (desarenador) con mayor fuerza no permitiendo su tratamiento y tienda a desbordarse sobre la misma; para contrarrestar este fenómeno se propone la instalación de una válvula reductora de presión. En el tramo comprendido del tanque de almacenamiento a la válvula de cierre a la entrada del núcleo poblacional, se estima una longitud aproximada de 1100 m con una diferencia de altura de 162 m generando una presión de 140 metros columna de agua (m.c.a.), la tubería presenta RDE 26 para una presión de trabajo de 112 m.c.a. por lo tanto, se sugiere en la parte intermedia del tramo instalar válvula de quiebre de presión para controlar los comportamientos de sobrepresión generados.

Figura 21. Operación de válvula reductora de presión



Fuente: INGENIERÍA DE FLUIDOS. Administración de presión mediante válvula reductora de presión [imagen]. Válvula reductora de presión descripción de funcionamiento y usos. Buenos Aires Argentina 2016. [Consultado: 29 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.ingenieriadefluidos.com/valvula-reductora-de-presion>

Figura 22. Presupuesto instalación dispositivos de control de presión

INSTALACIÓN DE VÁLVULAS REDUCTORAS DE PRESIÓN				
ÍTEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
		Dispositivos		
Válvulas reductoras Ø 3"	2	Manejo de presiones en los tramos de aducción y conducción del flujo	842,186.00	1,684,372.00
			Subtotal	1,684,372.00
		Mano de obra		
Instalación de dispositivos		Personal profesional que opere la instalación y funcionamiento de los dispositivos	700,000.00	700,000.00
			Subtotal	700,000.00
			Total	2,384,372.00

Fuente: Alcaldía Municipal Santander de Quilichao

6.3.4. Construcción de nuevo desarenador

Como se nombró en el paralelo de cumplimiento son varias las falencias encontradas en la estructura existente, los estudios realizados no dan lugar a un posible mejoramiento debido a que una de las principales fallas se encuentra en la longitud asignada a la altura útil frente al tiempo de retención requerido técnicamente, sumado a las condiciones de pendiente en la zona de lodos las cuales se encuentran sobre el 2%. Es posible adecuar partes de la estructura como la cámara de excesos y vertederos, sin embargo, ello no soluciona la problemática principal de alturas y pendientes. partiendo de ello se propone la construcción de un nuevo desarenador con proyección a 10 años y atención a 1117 familias (4469 usuarios), sin alteración del caudal en la fuente cuyos registros históricos se encuentra en 25 l/s. En el listado de anexos se presentan las imágenes de diseño de la estructura en corte longitudinal y vista en planta (anexo 1,2).

Figura 23. Presupuesto construcción nuevo desarenador

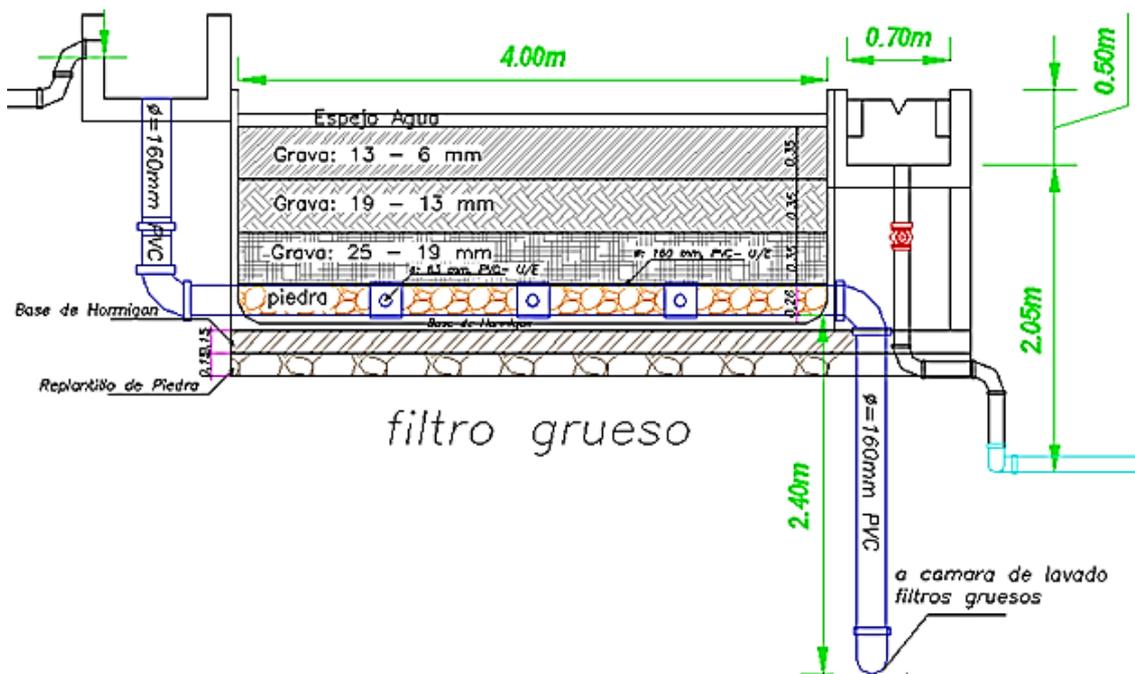
CONSTRUCCIÓN DE NUEVO DESARENADOR					
ÍTEM	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Labores preliminares					
Localización y replanteo de estructuras	24	m ²	Adecuación de terreno	8,500.00	204,000.00
Excavaciones en material rocoso	21	m ³		28,600.00	600,600.00
				Subtotal	804,600.00
Materiales					
Cemento	74	Bultos	Concreto reforzado 10.52 m ³	26,000.00	1,924,000.00
Arena	6	m ³		50,000.00	300,000.00
Grava	9	m ³		45,000.00	405,000.00
Varilla 1/2"	200	kg		4,200.00	840,000.00
Varilla 3/8"	200	kg		4,800.00	960,000.00
Alambre de amarre	50	kg		7,000.00	350,000.00
Tablas de madera basta x3m	65	Unidades		8,000.00	520,000.00
Bastidores madera basta x 4m	50	Unidades		6,000.00	300,000.00
				Subtotal	5,599,000.00
Accesorios					
Tubo PVC Ø 4" RDE 21	10	m	Accesorios control de flujo en el desarenador y adaptación de by pass.	17,500.00	175,000.00
Válvulas de compuerta Ø 4"	4	Accesorios		400,000.00	1,600,000.00
Codos 90° Ø 4" soldado RC	2	Accesorios		20,000.00	40,000.00
Tees 4"x4"x4" PVC soldada	2	Accesorios		30,000.00	60,000.00
				Subtotal	1,875,000.00
Transporte					
Acarreo de materiales	3	Viajes	Traslado de materiales vía carreteable	350,000.00	1,050,000.00
Arrastre de materiales	20	Días	Traslado de materiales vía boscoza	80,000.00	1,600,000.00
				Subtotal	2,650,000.00
Herramientas					
Pala	2	Unidades		0.00	0.00
Palín	2	Unidades		0.00	0.00
Carreta buggy	2	Unidades		0.00	0.00
				Subtotal	0.00
Mano de obra					
Obreros	20	Jornales	Realizar labores de concernientes a la obra	40,000.00	800,000.00
Maestro	5	Días	Director de la obra	80,000.00	400,000.00
				Subtotal	1,200,000.00
				Total	12,128,600.00

Fuente: Alcaldía Municipal Santander de Quilichao

6.3.5. Rehabilitación de la PTAP

El mejoramiento de operación y servicio en la PTAP incluye lavado, clasificación y suministro de material filtrante; para el filtro grueso ascendente en sus dos cuerpos, además del lavado y clasificación requiere del suministro de 19 m^3 de material en grava de $\frac{1}{2}$ " y $\frac{1}{16}$ " en porcentajes equivalentes, el filtro lento demanda el suministro completo de material a razón de 76 m^3 en arena y 28 m^3 en grava de $\frac{1}{2}$ " y $\frac{1}{16}$ " (grava en igualdad de proporciones), todo ello sumado a un proceso de mantenimiento correctivo y preventivo, esto incluye lavado riguroso de estructuras y aplicación de pintura impermeabilizante sobre las tapas de las cajas de válvulas y accesorios, se sugiere la construcción de una placa en concreto en la cámara de salida del filtro ascendente, la cual impida se mezcle el flujo de salida de los cuerpos al momento de realizar labores de mantenimiento. Dimensiones de la placa (longitud, alto, ancho) $1\text{m} \times 0.86\text{m} \times 0.25\text{m}$.

Figura 24. Clasificación y disposición de materiales



Fuente: QHIZHPE CABRERA. Filtro Grueso Dinámico [imagen]. Sistema constructivo de filtros lentos y gruesos tipo FIME, con estructura de ferrocemento. Cuenca, octubre de 2014. [Consultado: 29 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://docplayer.es/41431650-Sistema-constructivo-de-filtros-lentos-y-gruesos-tipo-fime-filtracion-en-multiples-etapas-con-estructura-de-ferrocemento.html>

Figura 25. Ubicación de placa divisoria



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 41. Presupuesto de rehabilitación de la PTAP

REHABILITACIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO					
ÍTEM	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Materiales					
Arena Ø 0.15 - 0.30 mm	76	m ³	Suministro de material para lechos filtrantes.	390,000.00	29,640,000.00
Grava Ø 1/2"	23.5	m ³		450,236.00	10,580,546.00
Grava Ø 1/16"	23.5	m ³		460,000.00	10,810,000.00
Cemento	0.5	Bultos	Construcción de placa.	28,000.00	14,000.00
Mixto	0.12	m ³		50,000.00	6,000.00
Pintura impermeabilizante	1	Galón	Protección de tapas de cajas de inspección y control.	150,000.00	150,000.00
				Subtotal	51,200,546.00
Transporte					
Acarreo de materiales	18	Viajes	Traslado de materiales vía carretable (volqueta sencilla).	350,000.00	6,300,000.00
	1	viajes	Transporte insumos de mantenimiento y material construcción de placa.	100000	100,000.00
				Subtotal	6,400,000.00
Herramientas y equipos					
Maquina clasificadora de materiales	1	Alquiler	Clasificación de materiales existentes en lechos filtrantes.	100,000.00	100,000.00
Pala	2	Unidades	Ejecución de obras concernientes a rehabilitación de la PTAP	0.00	0.00
Palín	2	Unidades		0.00	0.00
Carreta buggy	2	Unidades		0.00	0.00
Brochas	2	Unidades		16,000.00	32,000.00
Baldes plásticos 20 litros.	2	Unidades		15,000.00	30,000.00
				Subtotal	162,000.00
Mano de obra					
Obreros	62	Jornales	Mantenimiento preventivo y correctivo. Remoción, lavado, clasificación y adecuación de materiales filtrantes.	40,000.00	2,480,000.00
Oficial	2	Días	Director de la obra	80,000.00	160,000.00
				Subtotal	2,640,000.00
				Total	60,402,546.00

6.3.6. Evaluación de impactos de las propuestas de solución presentadas

La implementación de cada propuesta interviene en la dinámica de los ecosistemas presentes en la zona, el objetivo es lograr que las alteraciones sean mínimas generando el menor coste social y ambiental, sin embargo, se debe cuantificar su impacto para establecer sea el caso medidas de mitigación o recuperación de las áreas afectadas.

Cuadro 42. Matriz - evaluación de impactos

Etapa	Aspecto	Impacto	Componente	Signo	i	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I	CAL
Levantamiento topográfico general	Intervención de cobertura vegetal	Pérdida de cobertura vegetal, alteración de ecosistemas	Fauna, flora	-	1	2	1	1	1	2	1	4	1	1	19	Baja
	Generación de ruido	Perturbación del hábitat de especies	Fauna	-	1	2	1	1	1	2	1	4	1	1	19	Baja
Reparación de muros de contención	Intervención de cobertura vegetal	Deterioro paisajístico, ruptura de ecosistemas	Flora, fauna	-	4	2	4	2	2	2	1	4	1	2	34	Moderado
	Excavaciones	Fragmentación del suelo, ruptura de ecosistemas	Suelo, fauna	-	4	2	4	2	2	2	1	4	1	4	36	Moderado
	Generación de ruido	Alteración de ecosistemas	Fauna	-	4	2	4	2	1	2	1	4	1	1	32	Moderado
	Generación de residuos sólidos y líquidos	Contaminación edáfica e hídrica	Agua, suelo	-	1	2	4	1	1	2	1	4	1	1	22	Baja

Etapa	Aspecto	Impacto	Componente	Signo	i	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I	CAL
	Generación de material particulado	Contaminación atmosférica	Aire	-	1	2	4	1	1	1	1	4	1	1	21	Baja
	Generación de empleo	Solvencia económica	Social	+	2	1	4	2	2	2	1	4	1	1	25	Moderado
Instalación de dispositivos de control de presión	Generación de ruido	Perturbación de hábitat de especies	Fauna	-	1	1	2	1	1	2	1	4	1	1	18	Baja
	Emisión de material particulado	Contaminación atmosférica	Aire	-	1	1	4	1	1	2	1	4	1	1	20	Baja
Construcción de nuevo desarenador	Excavaciones	Pérdida del suelo, procesos erosivos	suelo	-	4	1	4	4	4	2	4	4	1	4	41	Moderado
	Emisión de material particulado	Contaminación atmosférica	Aire	-	2	2	4	1	1	2	1	4	1	1	25	Moderado
	Generación de ruido	Contaminación acústica	Fauna	-	2	1	4	1	1	2	1	4	1	1	23	Baja
	Generación de residuos sólidos y líquidos	Contaminación hídrica y edáfica	Agua, suelo	-	2	1	4	2	1	2	1	4	1	1	24	Baja
	Generación de empleo	Solvencia económica	Social	+	2	2	4	2	1	2	1	4	1	1	26	Moderado
Rehabilitación de la PTAP	Generación de ruido	Contaminación acústica	Social y fauna	-	4	2	4	1	1	1	1	4	1	1	30	Moderado
	Emisión de compuestos volátiles y material particulado	Contaminación atmosférica	Aire	-	2	1	4	1	1	2	1	4	1	1	23	Baja

Etapa	Aspecto	Impacto	Componente	Signo	i	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I	CAL
	Generación de residuos sólidos y líquidos	Contaminación edáfica	Suelo	-	1	1	4	1	1	2	1	4	1	1	20	Baja
	Generación de empleo	Solvencia económica	Social	+	2	1	4	2	1	2	1	4	1	1	24	Baja

Nota: i: Intensidad; EX: Extensión; MO: Momento; PE: Persistencia; RV: Reversibilidad; SI: Sinergia; AC: Acumulación; EF: Efecto; PR: Periodicidad; MC: Recuperabilidad; I: Importancia; CAL: Calificación

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la matriz de valoración de impacto ambiental es posible afirmar de manera general; la implementación de alternativas no genera afectaciones que implique la toma de medidas de corrección o protección intensiva, para los casos negativos en valor de significancia moderada, los mayores índices como el caso de intensidad, momento y efecto, corresponden a acciones que serán desarrolladas de manera rápida o temporal con reversibilidad a corto plazo, se presentan 2 situaciones en los que el índice de recuperabilidad es alto, uno de ellos es mitigable en el caso de las excavaciones para la reparación de los muros de contención, el segundo caso es irrecuperable al ser el área a ocupar en la construcción del nuevo desarenador, con el 74% de calificación baja se concluye que los impactos ambientales generados, son irrelevantes en comparación con el objetivo de la implementación del proyecto.

Cabe resaltar que el impacto social de la propuesta sería positivo, especialmente por la generación de empleo que tendrían las diferentes obras proyectadas.

6.3.7. Seguimiento, Monitoreo y Control

Como herramienta de monitoreo y apoyo al logro de la implementación de las propuestas, se presentan las siguientes fichas las cuales contienen acciones a desarrollar, de manera articulada por las partes interesadas para el logro del objetivo propuesto.

Cuadro 43. Ficha Conformación del Grupo de Gestión

Conformación del grupo de gestión comunitaria		Ficha: 1-01	
Objetivo: Conformar el grupo de trabajo cuya gestión propenda la implementación de cada una de las propuestas de mejoramiento.			
Acciones para ejecutar:			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Concertar propuestas con la totalidad de comunidad beneficiaria. ✓ Articular las actividades necesarias para el logro de cada objetivo propuesto. ✓ Delegar representantes ante la entidad municipal. ✓ Ejercer veeduría en la asignación de los recursos. 			
Radio de acción:			
Comunidades El Arca y Quinamayó			
Responsable de la ejecución:			
Junta administradora ASOARQUIN			
Indicador	Descripción del indicador	Tipo de indicador	Periodicidad de evaluación
<ul style="list-style-type: none"> - Población asistente a las reuniones de concertación - Comités de gestión conformados - Compromisos adquiridos y cumplidos - Plan de acción comunitaria elaborado - Propuestas implementadas 	El logro de objetivos en el proyecto requiere primeramente de la acción comunitaria que lidere los procesos, el porcentaje de población dispuesta a formar parte de los comités de gestión y la participación en la construcción del plan de acción, son elementos claves para dimensionar el tiempo en alcanzar las metas propuestas.	Gestión	Acorde a la acción que se desarrolle, en ningún caso será mayor a 2 meses

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 44. Ficha Fortalecimiento de capacidades

Fortalecimiento de capacidades comunitarias		Ficha: 1-02	
<p>Objetivo: Capacitar y brindar acompañamiento a la comunidad en el empoderamiento de su territorio y la activación de sus capacidades que contribuyan al mejoramiento de la calidad de vida.</p>			
<p>Acciones a ejecutar:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Sensibilizar a la población sobre la necesidad de un cambio de estilo de vida “No esperar a que nos den, gestionar para recibir”. ✓ Capacitar líderes en gestión comunitaria. ✓ Dar a conocer los medios de acceso a recursos. ✓ Acompañamiento en la gestión desarrollada. ✓ Fortalecer la parte administrativa y contable. 			
<p>Radio de acción:</p> <p>Comunidades El Arca y Quinamayó</p>			
<p>Responsable de la ejecución:</p> <p>Alcaldía Municipal de Santander de Quilichao, dependencia Aguas y Saneamiento Básico Rural.</p>			
Indicador	Descripción del indicador	Tipo de indicador	Periodicidad de evaluación
<ul style="list-style-type: none"> - Campañas de sensibilización realizadas - Talleres de liderazgo y empoderamiento desarrollados - Número de Personas capacitadas - Líneas de acceso al recurso identificadas 	<p>La implementación de cada alternativa necesita de una acción conjunta, para lo cual es necesario que la comunidad se forme en gestión y administración de los recursos, este indicador permite hacer un seguimiento al compromiso comunitario en la gestión, adopción y sostenibilidad de las soluciones particulares dadas.</p>	Gestión	Trimestral

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 45. Ficha Conformación del Comité de Gestión Ambiental

Creación del comité de gestión ambiental		Ficha: 1-03	
Objetivo: Establecer las directrices necesarias para prevenir, minimizar o compensar los impactos generados en la ejecución de obras.			
Acciones a desarrollar:			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Capacitación de personal sobre el cuidado y protección del ambiente ✓ Elaborar plan de manejo de residuos sólidos y líquidos. ✓ Protección de fauna. ✓ Compensación de impactos a suelo y flora 			
Radio de acción:			
Lugar donde se ejecute cada fase del proyecto			
Responsable de la ejecución:			
Dependencia Aguas y Saneamiento Básico Rural - junta administradora ASOARQUIN			
Indicador	Descripción del indicador	Tipo de indicador	Periodicidad de evaluación
<ul style="list-style-type: none"> - Formación básica en cuidado y protección del ambiente recibida - Personas formadas - Plan de manejo de residuos sólidos y líquidos elaborado - Estrategias de protección y conservación ambiental creadas 	La protección al ambiente es garantía de sostenibilidad en los recursos naturales de los cuales se sustentan las poblaciones, la toma de medidas de control en su uso y aprovechamiento contribuye a que se genere el menor costo o alteración ambiental posible.	Gestión y producto	Acorde a la acción que se desarrolle, en ningún caso será mayor a 2 meses

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 46. Ficha Soporte técnico

Soporte técnico y tecnológico		Ficha: 1-04	
Objetivo: Asesorar a la población en los requerimientos técnicos para la adecuada implementación de soluciones o ejecución de obras.			
Acciones a desarrollar:			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Capacitar los operarios de redes en manejo básico de estructuras y accesorios hidráulicos ✓ Brindar acompañamiento e información oportuna. ✓ Crear un canal de atención virtual. 			
Radio de acción:			
Áreas de influencia del proyecto			
Responsable de la ejecución:			
Dependencia Aguas y Saneamiento Básico Rural			
Indicador	Descripción del indicador	Tipo de indicador	Periodicidad de evaluación
<ul style="list-style-type: none"> - Capacitaciones técnicas recibidas - Operarios y personal capacitado - Canales de atención establecidos - Visitas técnicas realizadas 	La deficiencia en la formación técnica de los operarios es un aspecto a mejorar para lograr una operación óptima en el sistema, se debe verificar el número de capacitaciones a recibir, el personal a capacitar articulando la parte administrativa municipal en el proceso.	Gestión y producto	Semestral para el caso de formación y trimestral en relación a visitas técnicas y canales de atención establecidos

Fuente: Elaboración propia.

Las fichas anteriores fueron elaboradas atendiendo a la situación encontrada en la ejecución del proyecto, en la cual se refleja una gestión descentralizada del manejo eficiente y sostenible del recurso hídrico, es decir la falta de una acción articulada con objetivos definidos, claros y realizables en concordancia con el fortalecimiento de las capacidades comunitarias, para el empoderamiento y administración de los recursos, que permita entonces dimensionar un desarrollo sostenible.

7. CONCLUSIONES

- ✓ Las unidades de tratamiento en el sistema se encuentran en un déficit de operación superior al 50 %.
- ✓ No es posible hacer una valoración del diseño estructural de las obras de captación y desarenado puesto que no existen planos ni memorias de cálculo disponibles, ni se logra establecer si la ubicación de dispositivos como ventosas obedece a criterios técnicos aplicados en el manejo de redes.
- ✓ El estado y operación de los componentes del sistema, no cumple los requerimientos técnicos y normativos para suministro de agua potable, dejando la población en condiciones de vulnerabilidad frente a la amenaza de contraer enfermedades de origen hídrico.
- ✓ La formulación de propuestas se enfoca en un plan de mejoramiento al acueducto, que logre satisfacer la demanda en condiciones de cantidad y calidad, generando el mínimo costo social y ambiental posible.
- ✓ El logro de cada propuesta formulada debe estar articulado entre las partes interesadas, con funciones y responsabilidades desde cada escenario propuesto, en favor de la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales, siendo este un compromiso permanente, dinámico e incluyente que propenda en el mejoramiento continuo de la calidad de vida de los pobladores.

8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda instalar válvulas de corte que permitan aislar las válvulas de ventosa, además de la construcción de cámaras de inspección con respectivo drenaje de aguas.
- Se recomienda la implementación de estrategias de conservación de los ecosistemas existentes, que de alguna manera son intervenidos siendo estos hábitats de diferentes especies, como el tigrillo (*Leopardus Tigrinus*) catalogado como especie en vía de extinción, que se halla alojado en un pequeño bosque que atraviesa la línea de conducción.
- Brindar apoyo técnico e intervención estatal que proporcione lineamientos, herramientas y estrategias que contribuyan a la rehabilitación y operación del sistema, entre las que se estimen capacitaciones al personal encargado, monitoreo continuo del servicio y la implementación de planes de uso eficiente del recurso.
- Se recomienda un accionar conjunto de las partes interesadas, donde se muestre el compromiso y responsabilidad frente al logro de los objetivos propuestos, en la intervención del estado como garante de los servicios públicos domiciliarios y la comunidad en el uso y aprovechamiento del recurso, bajo el esquema de un desarrollo sostenible.
- Promover el fortalecimiento de las capacidades comunitarias y el empoderamiento territorial, que sean estas gestoras y veedoras en la asignación de recursos y ejecución de obras de inversión social.
- Dar continuidad al proceso que a través del presente ha dado inicio, cuyo fin permitirá no solo resolver la situación actual en las veredas El Arca y Quinamayó, sino ser herramienta base para atender las diferentes problemáticas en los acueductos municipales de la zona rural.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. M. González *et al.*, «Plan Nacional de Abastecimiento de Agua Potable Y Saneamiento Básico Rural», *Minist. Vivienda, Ciudad y Territ. Repub. Colomb.*, vol. 1, p. 107, 2021, [En línea]. Disponible en: <https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/2021-03/9.-plan-nacional-sasbr-vf.pdf>.
- [2] D. de P. República de Colombia, «Política para el suministro de agua potable y saneamiento básico en la zona rural.», *República Colomb. Dep. Planeación.*, vol. 1, pp. 1-46, 2014, [En línea]. Disponible en: <http://www.minvivienda.gov.co/conpesagua/3810-2014.pdf>.
- [3] A. de S. de Quilichao, *PLAN DE DESARROLLO SANTANDER DE QUILICHAO 2020-2023*, vol. 1. Alcaldía Municipal Santander Quilichao, 2020.
- [4] Ministerio de Salud, «Propuesta para el Diseño Conceptual, Metodológico e Instrumental del Programa Nacional de Agua Potable (PNAP) Convenio 519 del 2015», *Minist. salud*, vol. 1, p. 243, 2016, [En línea]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/propuesta-metodologica-programa-agua-potable.pdf>
- [5] DNP, «Valoración económica de la degradación ambiental en Colombia 2015», *DNP*, vol. 1, p. 45, 2018, [En línea]. Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Valoración económica de la degradación ambiental.pdf>.
- [6] Organización de las Naciones Unidas para la Cultura las Ciencias y la Educación., *No dejar nadie atrás*. Ciudad de Mexico: Lucart Estudio S.A. de C.V., 2019.
- [7] D. M. Castillo, J. F. Rojas, C. F. Puerto, N. A. Villalba, y D. C. Córdoba, «Estudio sectorial de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado 2018», *Supt. Serv. Públicos Domic.*, vol. 1, p. 116, 2019, [En línea]. Disponible en: chrome-extension://oemmnndcbldboiebfnladdacbfmadadm/https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2020/Informe_sectorial_aa_2018-20-12-2019.pdf.
- [8] K. M. C. Zapata, Edwin Lasso, Viviana Angulo Quisoboni, «Diagnóstico sobre agua potable y saneamiento integral rural», *Alcaldía Munic. Santander Quilichao*, vol. 1, p. 100, 2016, [En línea]. Disponible en: <https://asirsaba.com.co/wp-content/uploads/2019/02/Diagnostico-Santander-de-Quilichao1.pdf>.
- [9] E. Chaves, «Informe de seguimiento planta de tratamiento El Arca Quinamayó», *Alcaldía Munic. Santander Quilichao Cauca, Planeación Acueductos Rural.*, vol. 1, 2020.
- [10] Contraloría General de la República, «REVISIÓN DE LA INTEGRACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS) EN EL DOCUMENTO CONPES 3918 DE 2018 “Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia”», *Contral. Gen. la Repub.*, vol. 1, p. 136, 2019, [En línea].

- Disponible en:
<https://www.contraloria.gov.co/documents/20181/472298/Consolidado+integración+ODS+en+CONPES+15102019.pdf/bfb4c564-7564-4fc0-b3b5-0e821c19ad3d>.
- [11] G. del Cauca, «Plan de desarrollo Departamental», *Educación*, vol. 1, p. 252, 2020, [En línea]. Disponible en: [https://plandesarrollo.antioquhttps://www.cauca.gov.co/NuestraGestion/PIaneacionGestionControl/Plan de Desarrollo Departamental 2020 - 2023.pdf](https://plandesarrollo.antioquhttps://www.cauca.gov.co/NuestraGestion/PIaneacionGestionControl/Plan%20de%20Desarrollo%20Departamental%202020-2023.pdf).
- [12] S. J. Caro, *INSTALACIÓN DE LA MESA DE CONVERSACIONES, INICIO DE LOS CICLOS DE CONVERSACIONES Y LA DISCUSIÓN DEL PUNTO 1*. 2013.
- [13] Colombia Ministerio de la Protección Social, «Decreto 1575 de 2007», *D. Of.*, vol. 1, p. 15, 2007, [En línea]. Disponible en: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=30007.
- [14] Ministerio de la protección social, «Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano», *Gac. Of.*, vol. 1, p. 23, 2007, [En línea]. Disponible en: https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislación_del_agua/Resolución_2115.pdf.
- [15] Felipe holguin Zapata; Ivan Palacios Tabares, «Diagnóstico y evaluación de los componentes del sistema de potabilización y la calidad del agua en el Municipio de Mistrató, departamento de Risaralda», *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 2, n.º 1, pp. 1-207, 2020, [En línea]. Disponible en: <http://jurnal.globalhealthsciencegroup.com/index.php/JPPP/article/download/83/65%0Ahttp://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L603546864%5Cnhttp://dx.doi.org/10.1155/2015/420723%0Ahttp://link.springer.com/10.1007/978-3-319-76>.
- [16] A. Kiky, «Optimization of Slow Sand Filtration Design by Understanding the Influence of Operating Variables on the Suspended Solids Removal», *Japanese J. Water Treat. Biol.*, vol. 44, n.º 1, p. 55, 2018, [En línea]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/197495993.pdf>.
- [17] S. B. Megdal, S. Eden, y E. Shamir, «Water governance, stakeholder engagement, and sustainable water resources management», *Water (Switzerland)*, vol. 9, n.º 3, pp. 1-7, 2017, doi: 10.3390/w9030190.
- [18] Ministerio de Salud -, *Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable.*, vol. 1998, n.º 43. 1998, p. 14.
- [19] C. Ramirez, «Guía Técnica Acueducto y Alcantarillado», *Univ. Catol. Colomb.*, vol. 1, p. 112, 2018, [En línea]. Disponible en: [file:///C:/Users/PC/Downloads/Guia Tecnica Acueducto.pdf](file:///C:/Users/PC/Downloads/Guia%20Tecnica%20Acueducto.pdf).
- [20] A. Bocek, «Introducción a la captación del agua», *Int. Cent. Aquac.*, vol. 1, p. 11, 2015, [En línea]. Disponible en: [https://cals.arizona.edu/azaqua/AquacultureTIES/publications/Spanish WHAP/GT3 Water Harvesting.pdf](https://cals.arizona.edu/azaqua/AquacultureTIES/publications/Spanish%20WHAP/GT3%20Water%20Harvesting.pdf).
- [21] J. Moreno y OPS/CEPIS, «Especificaciones técnicas para el diseño de captaciones por gravedad de aguas superficiales», *Ops/Cepis*, vol. 1, p.

- 20, 2004, [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/23923548/ESPECIFICACIONES_TÉCNICAS_PARA_EL_DISEÑO_DE_CAPTACIONES_POR_GRAVEDAD_DE_AGUAS_SUPERFICIALES.
- [22] M. B. Naranjo, «LOBRAS DE CAPTACION SUPERFICIAL, USOS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS», *Univerisdad Tec. Machala*, p. 11, 2017, [En línea]. Disponible en: <https://pdfcoffee.com/obras-de-captacion-superficial-usos-ventajas-y-desventajas-4-pdf-free.html>.
- [23] E. Rodriguez, «Diseño de Bocatoma Sumergida», *Fac. Ing. Civ.*, vol. 1, p. 45, 2002, [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/29165533/DISEÑO_DE_BOCATOMA_SUMERGIDA_DOCENTE.
- [24] C. M. R. TOQUICA, «ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA DE DISEÑO DEL ACUEDUCTO DE SAN GIL (SANTANDER) PARA SOPORTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO», *Univ. Mil. NUEVA GRANADA Fac. Ing.*, vol. 1, p. 64, 2014, [En línea]. Disponible en: <https://1library.co/document/zpdo2v0z-analisis-metodologia-acueducto-santander-soportar-climatico-proyectado-esenario.html>.
- [25] CONAGUA, «Manual de agua potable , alcantarillado y saneamiento: obras de captación superficiales.», *Introd. al Trat. Aguas Residuales Munic.*, vol. 1, p. 134, 2016, [En línea]. Disponible en: http://cmx.org.mx/wp-content/uploads/MAPAS_2015/libros/SGAPDS-1-15-Libro7.pdf.
- [26] Ministerio de Ambiente, «Guía Ambiental para sistemas de acueducto: 6. Aducción y Conducción», *Guía Ambient. para Sist. acueducto*, vol. 1, n.º sistema de acueducto, p. 101, 2010, [En línea]. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/documentos/Sistemas_de_Gestión.pdf.
- [27] C. P. Cristobal Albuja, «Uso De Desarenadores En Abastecimiento De Agua Potable», *Univ. Cuenca*, vol. 1, pp. 122-127, 2013, [En línea]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30010>.
- [28] Organización Panamericana de la Salud, «Guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas», *Organ. Mund. la Salud*, vol. 1, p. 28, 2005, [En línea]. Disponible en: http://www.elaguapotable.com/Guia_diseño_filtración_en_multiples_etapas.pdf.
- [29] C. Constitucional., *Sentencia T-740/11*. 1991, p. 30.
- [30] D. S. Claudia Pahl-Wostl, Christian Knieper, Evelyn Lukat, Franziska Meergans, Mirja Schoderer, Nora Schütze, «Enhancing the capacity of water governance to deal with complex management challenges: A framework of analysis», *Environ. Sci. Policy*, vol. 107, n.º 1462-9011, p. 35, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.02.011>.
- [31] J. A. G. ORTIZ, B. R. C. PERILLA, H. A. G. B., y P. A. J. L. F. CRUZ, «LINEAS PIEZOMETRICAS Y LINEAS DE ENERGIA», *Univ. Pedagog. y Tecnol. Colomb.*, vol. 1, pp. 105-112, 2019.
- [32] E. Grijalba Moncayo, «Plan agropecuario y ambiental Santander de Quilichao», *Santander de Quilichao*, vol. 1, p. 229, 2018, [En línea]. Disponible en: <https://www.santanderdequilichao-cauca.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionControl/PLAN>

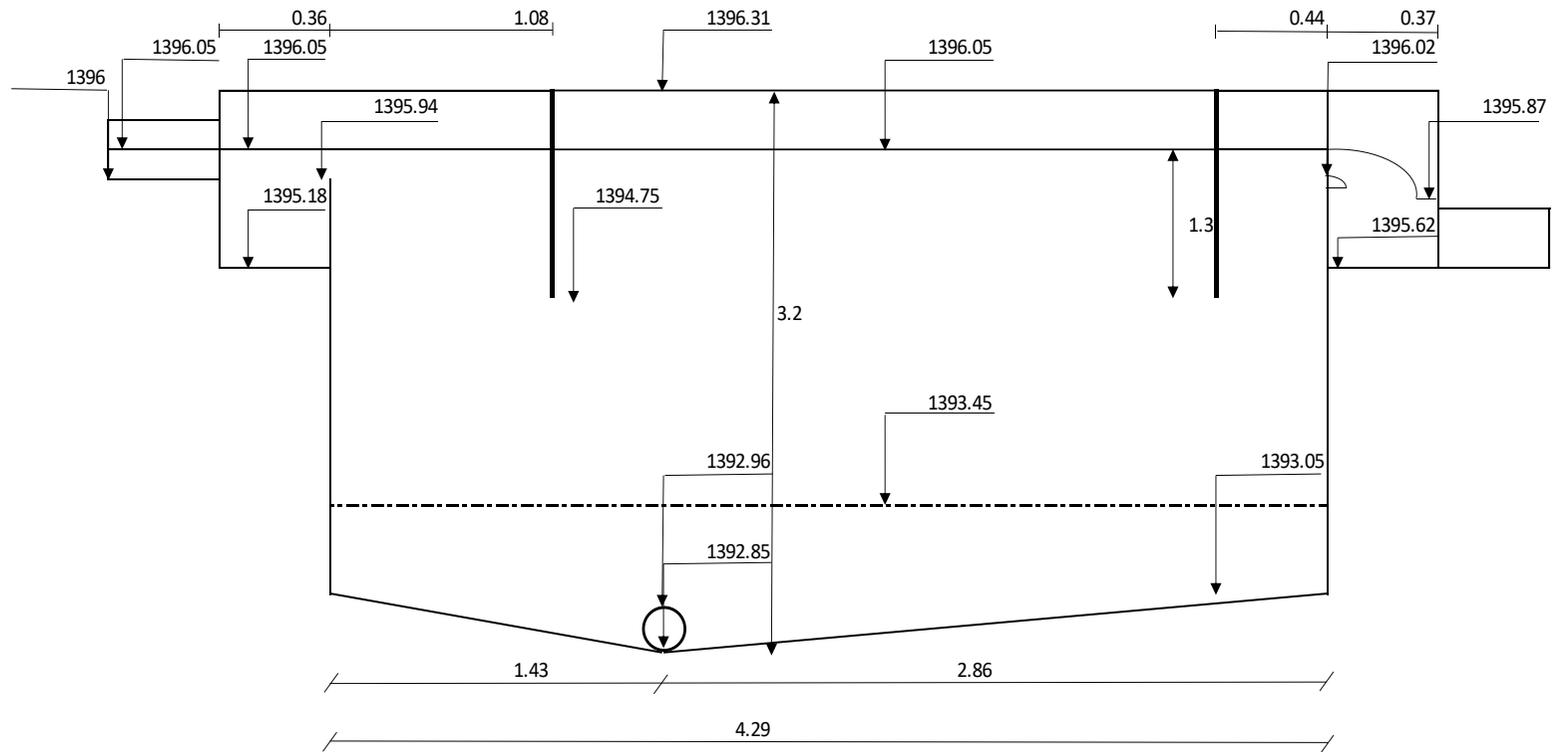
- AGROPECUARIO Y AMBIENTAL - PAMM.pdf.
- [33] P. Van-Hosfwegen y F. G. W. Jaspers, «Marco analítico para el manejo integrado de recursos hídricos Lineamientos para la evaluación», *Div. Medio Ambient. del Banco Interam. Desarro.*, p. 80, 2000, [En línea]. Disponible en: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Marco-analitico-para-el-manejo-integrado-de-recursos-hidricos-Lineamientos-para-la-evaluación-de-marcos-institucionales.pdf>.
- [34] J. C. Loaiza Soto, «Diagnóstico Del Sistema Operativo De La Planta De Tratamiento De Agua Potable (Ptap) Guacavia En El Municipio De Cumaral, Departamento Del Meta», *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, n.º 9, p. 77, 2018, [En línea]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/12021/2018juanloaiza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [35] República de Colombia, *República de Colombia Instituto Nacional de Salud Programa de Vigilancia por Laboratorio de la Calidad de Agua para Consumo Humano ISBN : 978-958-13-0147-8*. 2011.
- [36] R. L. Cualla, *Elementos De Diseño Para Acueductos Y Alcantarillado - Ricardo Lopez Cualla*. Bogota: Editorial Escuela Colombiana de Ingenieria, 1995.
- [37] Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, «*Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico -RAS- y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009*». 2017, p. 182.
- [38] E. O. L. Moreno, «Diseño hidráulico de canales abiertos, solución numérica mediante el método de Newton-Raphson para aplicación Android 4.0». *Android*, p. 1, 2020, [En línea]. Disponible en: <https://conferences.eagora.org/index.php/edutecno/2020/paper/view/12887>.
- [39] Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, «Por el cual se establecen los requisitos tecnicos para los proyectos de agua y saneamiento basico en zonas rurales que se adelante bajo los esquemas diferenciales definidos capitulo 1, del titulo 7, de la parte 3 del decreto 1077 de 2015», *Minist. Vivienda, Ciudad y Territ. Repub. Colomb.*, p. 182, 2017, [En línea]. Disponible en: <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/0844-2018.pdf>.
- [40] G. Ibarra *et al.*, «Medidas Regulatoria asociadas a inversiones Ambientales Que puedan ser Incluidas en tarifas», *Com. Regul. agua potable y Saneam. basico*, vol. 1, p. 324, 2019, [En línea]. Disponible en: <https://www.cra.gov.co/documents/Diagnostico-AIN-final-para-publicacion.pdf>.
- [41] C. N. Ambiental, «PLAN HIDRICO NACIONAL FASE II», *Cons. Nac. Ambient.*, vol. 1, pp. 1-54, 2018, [En línea]. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/3.-Anexo-3-PHN-Fase-II-18-Feb-2016.pdf>.
- [42] N. Environmental y P. Program, «Ideas for Environmental Community

Projects», 2013. [En línea]. Disponible en:
[https://www.michigan.gov/documents/deq/deq-ess-nep-
envactivities_306107_7.pdf](https://www.michigan.gov/documents/deq/deq-ess-nep-envactivities_306107_7.pdf).

ANEXOS

Anexo 1. Plano de diseño del desarenador - Corte longitudinal

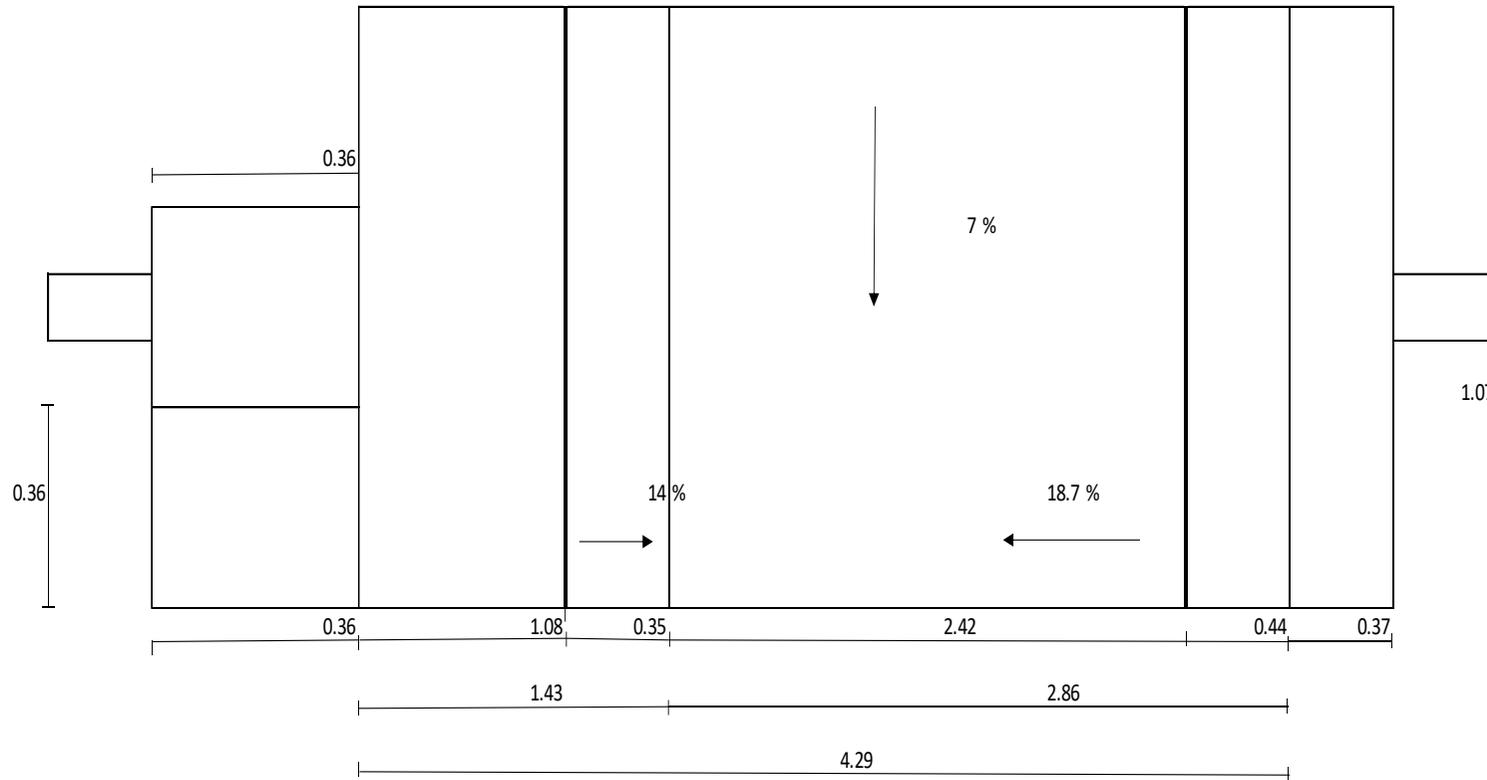
COTAS EN EL DESARENADOR - CORTE LONGITUDINAL



NOTA: todas las medidas se encuentran dadas en metros.

Anexo 2. Plano de diseño del desarenador - Vista en planta

DESARENADOR - VISTA EN PLANTA



NOTA: todas las medidas se encuentran dadas en metros.

Anexo 3. Lista de chequeo compuesta

LISTA DE CHEQUEO APLICABLE A PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP) EN EL MUNICIPIO DE SANTANDER DE QUILICHAO CAUCA

INFORMACIÓN BÁSICA			
Fecha	Mayo 21, 24, 25; Junio 8 y 9		
Entidad Ejecutora	Alcaldía Municipal de Santander de Quilichao		
Dependencia	Planeación de acueductos rurales		
Responsables de la visita técnica	Nombre	Cargo	
	Jersair Campo Castillo	Presidente Junta Acueducto	
	Jesús Valdés Ariza	Secretario	
	Belkyn Sulay Fernández	Pasante encargada	
	Hider Palomb Zapata Emiliano Palomb C.	Operarios de redes	
Nombre de la PTAP	Arca-Quinamayó, Santander		
Ubicación y Localización Geográfica	Vereda o corregimiento: Veredas de Suministro Arca - Quinamayó Ubicación PTAP: Vereda La Salina Coordenadas Geográficas: 02° 53' 20.7" 76° 32' 32.1"		
Clase de Sistema	Descripción		
	Sistema No convencional FIME		
Tiempo de Operación	2004 - 2010 Estado regular 2010 - regular (mejoras)		
Ente administrativo del sistema	Asociación de usuarios		
Personal Encargado	Nombre	Cargo	Tiempo de operación
	Jersair Campo	Presidente	10 años
	Libardo Vargas	Tesorero	6 años
	Jesús Valdés	Secretario	4 años
	Hider Palomb	Operador	10 años
Emiliano Palomb	Operador	17 años	
CAPTACIÓN			
Fuente de suministro o captación (superficial o subterránea)	Superficial	Observaciones: Afectación a ronda hídrica, se necesita vedación ente encargado	
Estado de la cuenca; actividades asociadas, cobertura vegetativa.	Cobertura Arbórea	Colindan Siembras de café, plátano, Caña, Yuca.	
Tipo de captación (bocatoma lateral, de fondo)	Mixta	Solicitan Depreciación o en su defecto mejoramiento	
¿Existe caja de reparto?	si	Ausencia Válvula de lavado	
¿Se encuentra en funcionamiento la captación? (indique estado)	si	Presenta adaptación artesanal para captar el esudal requerido	
Año de construcción de la estructura	2004 Noviembre		

¿Cada cuánto se realizan labores de mantenimiento?	Cada 8 días			
	Época de lluvias		Época seca	
Relación de caudales	Caudal total	Caudal captado	Caudal total	Caudal captado
No se tiene registro actualizado		5 l/s	No se tiene registro actualizado. Se duda q' p'ra un caudal constante	
Método de aforo (medidor Parshall, método volumétrico, sección velocidad, vertedero)	Observaciones			
	Volumétrico		Realizado durante la visita.	
¿Se capta el caudal máximo estipulado en el periodo de diseño?	No se tiene información al respecto			
Distancia a tratamiento preliminar (desarenador)	24 metros			
Material de tubería de conducción	Mixta		Evaluada - PVC	
Diámetro de la tubería	3"		Se presenta tubería galvanizada por ser más resistente a crecidas súbitas del río y posibles incendios forestales.	
Accesorios	Cantidad			
TRATAMIENTO PRELIMINAR (DESARENADOR)				
	Observaciones			
Unidades en funcionamiento	Ninguna		Al colocar en funcionamiento la unidad, se presenta rebote en las 3 cámaras.	
Dimensiones internas (largo, ancho, profundidad útil)	4,27m, 1,35m, 1,50m.			
Presenta vertedero de excesos	tubo de 3"		No hay cámara como tal	
¿Cada cuánto se realizan labores de mantenimiento?	No se encuentra en operación			
Distanciamiento entre la estructura y la PTAP	1800 metros aprox.			
Material de la tubería (indique estado)	Mixta		Evaluado PVC, prima PVC.	
Diámetro de la tubería	3"			
¿Existe bypass?	Si			
Accesorios	Cantidad			
Válvula de cortina	1			
Válvula de bola	1			
llave 3"	1			
llave 4"	1			
	PTAP			
	Observaciones			
¿Existe un estudio de caracterización de agua cruda y potable?	Cruda	Potable	Se nombra estudio actualizado NO realizado en 2016, sin constancia.	
¿Cada cuánto se realiza el muestreo?	No se realiza.			
¿Qué índice de riesgo presenta la calidad del agua (IRCA, IRABAM)?	No se conoce.			
Capacidad de la PTAP	4 l/s			

Consumo poblacional	8624 m ³ /mes	287.47 m ³ /días			
Horas de funcionamiento	24 horas				
Componentes en la PTAP	FIME				
¿Cuenta con sistema de aforo a la entrada de la PTAP?	NO				
Características de medios filtrantes	# capas	Tamaño del material	Válvulas de control	Válvulas de lavado	Sistema de rebose
Filtro grueso dinámico descendente	3, mat. mezclado	1/4" x 1"	1 x cuerpo	si	si
Filtro grueso ascendente	Material	mezclado	no define	diám	4,64
Filtro lento en arenas descendente	Estructura fuera de servicio				
¿Qué sistema se usa para la desinfección?	se tiene el tanque pero no se realiza el proceso				
¿Se adicionan productos para la desinfección? (indique cual y dosis óptima)	No.				
¿Cuenta con tanque de almacenamiento?	si				
¿Capacidad del tanque?	106.35 m ³				
Accesorios encontrados en el tanque	Cantidad				
Válvulas	2	usadas para by-pass			
By-pass	si				
Periodo de mantenimiento de la PTAP	F.G.D. diario f.G.A. o/10 días.				
¿Tiene fácil acceso de transporte, equipos de construcción y mantenimiento?	si		Vías terciarias		
¿Cuenta con servicios públicos?	si		agua, energía		
REDES DE DISTRIBUCIÓN (CONDUCCIÓN)					
Material de las tuberías	Mixta				
Diámetros	3"				
Accesorios	Cantidad	Distancia de la PTAP	Estado		
Válvula de purga	1				
Válvulas de Ventosa	23				
ASPECTOS ECONÓMICOS GENERALES DE LA COMUNIDAD					
	Matricula	Cargo básico	Metro cúbico		
Tarifas	400.000	2000	\$ 500 1-20, 600 21-40, \$ 700 > 40		
Morosidad	Saldo aproximado 16'000.000 concepto matricula y consumo.				
Realizan suspensiones del servicio	si, por el no pago a 3 facturas.				
¿Existe estudio de tarifas actualizado a la norma?	No.				
ASPECTOS SOCIALES					
Igualdad de género en los cargos de la junta, participación, capacitaciones. Las mujeres hacen parte de los comités; los operarios no cuentan con salario mínimo ni afiliación a ARL, manifiestan falta de apoyo estatal, dificultad en ubicación de pedes e innumerables quejas por cuenta de la deficiente calidad del agua.					

→ NOTA:
Se observa incon- sistencia en el plano estructural referente a la distribución de materiales.