

Universidad Cooperativa de Colombia

Facultad de Ingeniería Civil

Diseño e implementación de desarenadores para acueductos veredales: Caso de estudio – El Progreso, Itagüí, Antioquia

Autor: Jose Eduardo Pinto Dávila

Estudiante de Ingeniería Civil – Decimo semestre

Asesores: Fredy Alexander Muñoz Cano, Oscar Egidio Rodríguez González

Fecha de entrega: Octubre de 2025
Ciudad: Itagüí – Antioquia, Colombia



Abstract— Este estudio examina la problemática del agua potable en la vereda El Progreso (Itagüí, Antioquia) a través de un enfoque integral que incluyó: caracterización poblacional mediante encuestas sobre número de habitantes, consumo y tipo de acueducto; análisis de la calidad del agua con dos muestras (una en la quebrada San Benito y otra en el tanque) para medición de pH (método SM 4500-H⁺ B) y sólidos suspendidos totales (SST) por gravimetría; levantamiento altiplanimétrico con dron y ortomosaico para definir la zona de influencia hídrica; y el diseño e implementación de un desarenador estructural en mampostería reforzada (2,40 × 0,90 × 1,60 m, bloques de 13 MPa, concreto de 21 MPa, armado con barras corrugadas, losa confinada y viga superior) construido según el Título D de la norma NSR-10 (que establece requisitos mínimos para mampostería estructural incluyendo diseño por estado límite, control de calidad de materiales y refuerzos adecuados). Incluyó demolición del tanque anterior, nivelación, instalación de refuerzos, vaciado, curado, impermeabilización e inspección visual de funcionamiento. ¿en qué medida este desarenador reduce turbidez y SST respecto al sistema artesanal anterior, y cómo impacta en la percepción comunitaria del servicio y en la salud pública local? La hipótesis propone que su implementación reducirá en al menos un 50 % la turbidez y los SST, regulará el pH dentro del rango normativo (6,5-8,5), disminuirá enfermedades gastrointestinales y mejorará significativamente la confianza y percepción de calidad del servicio, en línea con evidencias de estudios en Colombia que muestran eficiencias reales en remoción de arena superiores al 50 % en desarenadores de flujo horizontal.

Index Terms— Acueducto veredal, Desarenador, Diseño de tanque desarenador, Drenajes, Filtración, Sedimentos, Vertimientos

I. INTRODUCCIÓN

El acceso al agua potable es un derecho humano fundamental reconocido por organismos internacionales como la Organización

Mundial de la Salud (OMS) y las Naciones Unidas, al considerarlo esencial para la vida, la salud y el desarrollo sostenible. Sin embargo, pese a los avances tecnológicos y de infraestructura en materia de agua y saneamiento, existen brechas significativas que afectan principalmente a las poblaciones rurales y dispersas. A nivel mundial, cerca de 2.000 millones de personas aún carecen de acceso a fuentes seguras de agua potable, lo cual representa un problema de salud pública, desigualdad social y subdesarrollo estructural [1].

En el contexto colombiano, esta problemática se agudiza en las zonas rurales, donde el acceso al agua tratada sigue siendo precario. Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), para el año 2023, un 67,9 % de la población rural no contaba con acceso a agua completamente potable [2]. Esta cifra revela que más de la mitad de los habitantes rurales consumen agua de fuentes superficiales como ríos, quebradas o nacimientos sin ningún tipo de tratamiento, situación que pone en riesgo su salud y calidad de vida. Estos sistemas de abastecimiento informal, conocidos comúnmente como acueductos veredales, se caracterizan por su bajo nivel de tecnificación, escaso mantenimiento y limitada capacidad de gestión comunitaria [3].

A pesar de esta realidad, el gobierno colombiano ha impulsado políticas públicas orientadas a la universalización del acceso al agua, promoviendo la implementación de tecnologías apropiadas y modelos de gestión participativa, con un enfoque diferencial para las zonas rurales [4]. Estas estrategias contemplan soluciones de bajo costo, pero de alto impacto, como los sistemas de captación, cribado, desarenado, sedimentación, filtración y desinfección, adaptados a las condiciones geográficas, sociales y económicas de cada comunidad. Uno de los componentes clave en estos sistemas es el uso de desarenadores, que permiten remover partículas sólidas como arena, hojas, ramas y otros materiales inorgánicos antes del proceso de potabilización [5].

Sin embargo, la implementación de estas soluciones no está exenta de desafíos. En muchos casos, los líderes comunitarios manifiestan resistencia al cambio por desconfianza, desconocimiento técnico o experiencias pasadas fallidas [6]. Además, existe una débil articulación institucional entre los entes territoriales, las autoridades ambientales y las comunidades, lo cual impide la sostenibilidad de los proyectos. Esto genera un panorama preocupante, ya que gran parte de los acueductos veredales continúan operando sin tratamientos básicos, distribuyendo agua con altos niveles de turbidez, coliformes fecales, sedimentos y, en algunos casos, contaminantes peligrosos como metales pesados (arsénico, mercurio) [7][8].

El consumo de agua contaminada está asociado a enfermedades de origen hídrico, como diarreas, vómitos, parasitosis intestinales, hepatitis y otras afecciones gastrointestinales que afectan especialmente a niños, adultos mayores y personas inmunocomprometidas [9].

La OMS estima que el acceso universal al agua segura no solo reduce la incidencia de estas enfermedades, sino que también genera importantes beneficios económicos, con un retorno de hasta 4,3 dólares por cada dólar invertido en agua y saneamiento, y un incremento potencial del 1,5 % en el Producto Interno Bruto (PIB) global [4].

Desde la ingeniería sanitaria, se han propuesto múltiples soluciones tecnológicas para optimizar el tratamiento de agua en contextos rurales. En Colombia, diversas investigaciones han evaluado la eficiencia de distintos tipos de desarenadores, como los de tipo filtro y los helicoidales, aplicados en acueductos rurales en Bogotá. El desarenador tipo filtro, diseñado con mallas multinivel de hasta 0,1 mm, logró una eficiencia mínima del 75 % en la remoción de partículas mayores a 0,25 mm, aunque su rendimiento

disminuía con caudales superiores a 7 L/s [10]. En contraste, el desarenador helicoidal, compuesto por láminas internas que inducen un movimiento de remolino, mostró una eficiencia superior al 90 % a caudales de 5 L/s, aunque requería caudales mínimos de 18 L/s para operar eficientemente y demandaba mayor complejidad para su limpieza, al requerir un vector para la remoción de sedimentos [10].

Otros estudios han explorado modelos innovadores, como tanques de extracción de arena construidos en materiales livianos y probados en ambientes controlados. Por ejemplo, en el río Arzobispo de Bogotá se diseñó un modelo con cámara de inmovilidad, mallas flexibles perforadas y láminas de 5 cm de espesor, alcanzando caudales medios de 0,23 L/s y mejoras significativas en eficiencia operativa [11]. Asimismo, en Antioquia se desarrolló un prototipo que incorpora un tanque cubierto con vidrio inclinado, el cual aprovecha la refracción solar para evaporar el agua, generar condensación y potabilizarla, mientras los sedimentos quedan retenidos en el fondo del tanque, aumentando la calidad del agua recolectada [12].

Estas experiencias han sido aplicadas en diversos territorios rurales del país. En la vereda El Tablacito (Rionegro, Antioquia), se diseñó un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas que incluyó desarenadores de flujo horizontal y canaletas Parshall, elementos esenciales para la remoción de sólidos gruesos y la medición precisa del caudal antes de las etapas de tratamiento secundario. Los desarenadores, construidos en canales prismáticos rectangulares, han demostrado ser altamente eficientes, especialmente cuando se diseñan conforme a la Resolución 330 de 2017, la cual establece que deben remover partículas con densidad de 2,65 g/cm³ y diámetros mayores a 0,10 mm [13]. Por su parte, la canaleta Parshall, con dimensiones estandarizadas, permite controlar caudales de hasta 13,4 L/s utilizando anchos de garganta de 3", 6" o 9", facilitando la operación hidráulica y la regulación del sistema [13].

A partir de esta base técnica y normativa, se propone el desarrollo de un proyecto piloto en la vereda El Progreso del municipio de Itagüí, Antioquia, que tiene como objetivo mejorar las condiciones de acceso al agua mediante la implementación de un sistema de acueducto adaptado a las necesidades de la comunidad. Este proyecto parte de una caracterización integral del territorio, incluyendo el levantamiento altiplanimétrico mediante dron y ortomosaico, análisis físico-químico del agua en dos puntos (quebrada San Benito y tanque de almacenamiento), y encuestas para identificar consumo per cápita, número de habitantes y tipo de infraestructura existente. Los resultados indicaron deficiencias críticas tanto en calidad como en cantidad del recurso hídrico disponible.

A partir de la problemática planteada, y de los buenos resultados que ha mostrado la implementación de desarenadores para mejorar la calidad de abastecimiento de agua, se pretende diseñar e implementar un desarenador como componente del sistema de acueducto que permita mejorar la calidad del agua proveniente de la quebrada San Benito hacia la comunidad localizada en la Vereda El Progreso del Municipio de Itagüí, Antioquia.

2. MARCO TEORICO

2.1. Clasificación de los acueductos veredales

Según la “federación internacional de sociedades de la cruz roja y media luna roja” Cuando hablamos de acueductos veredales primeros hay que clasificar su funcionalidad, 1: acueductos que funcionan por gravedad, estos tipos de acueductos no tienen ningún tipo de bomba el agua llega por gravedad, 2: acueductos por bombeos de aguas superficiales, su función es recoger agua, ya sea de una reserva natural o de una quebrada por medio de ayuda de una bomba. 3: acueductos por bombeo de aguas subterráneas: hace que el agua llegue a un tanque por medio de una bomba sumergible donde el agua es sacada de un pozo a aguas subterráneas que geológicamente se conocen como “acuíferos”. 4: desarenadores: su finalidad es retener sedimentos para que el agua llegue de mejor calidad. Este debe ubicarse lo más posible a la captación, para no obstruir tuberías [14].

2.2. ¿Cómo funciona el desarenador?

La filtración es un proceso de separación de partículas, estas partículas encontradas en el agua pueden ser perjudicial para los sistemas o procesos de tratamiento porque la alta turbidez inhibe los procesos biológicos y los depósitos en los medios filtrantes. Provoca grandes pérdidas de carga y deterioro de la calidad de las aguas residuales. por consiguiente los desarenadores cuentan con algunas fases, zona de entrada: esta permite uniformemente el flujo en el desarenador; zona de sedimentos: consta de un canal para que al pasar sedimento bien las partículas y solamente llegue a pasar el flujo; zona de salida: constituida con tubos de perforaciones para recolectar el agua sin afectar los sedimentos recolectados, zona de recolección de lodos: debe tener capacidad de acumular cualquier sedimento y contar con una válvula para depositar periódicamente o lavar el tanque constantemente [15].

2.3. Distribución del agua

El área media de distribución de los recursos hídricos es de unos 1.386 millones de kilómetros cúbicos, “la organización mundial de la salud” OMS “La distribución se divide en un 97,5% de agua salada y un 2,5% de agua dulce”, esta última 35 millones de kilómetros cuadrados. Con referencia a esta cantidad, es posible para aclarar, “el 70% se encuentra en forma de hielo, nieve o glaciares”, por lo que no representa fuentes de agua que están actualmente o estarán disponibles en un futuro cercano. “Sólo el 0,75% del agua del mundo está disponible para los humanos”. Atravesar A cambio, se asigna una determinada proporción del agua dulce disponible. Geográficamente lejos del centro de la ciudad, existe en forma de lagos y ríos. o rocas sedimentarias del subsuelo que dependen directamente de la infiltración para su regeneración [16].

2.3.1 Agua potable y saneamiento básico

De acuerdo con el mandato constitucional de la Ley de 1993 núm. 99 se creó y organizó el Ministerio de Medio Ambiente. Sistema Ambiental Nacional (SINA) para proteger los recursos culturales y naturales de la humanidad; así como impresionar a las personas en el mantenimiento de sus roles. uso de recursos y compromiso con un medio ambiente saludable. La ley determina El desarrollo sostenible conducirá al crecimiento económico y al crecimiento de la Calidad de vida y bienestar social sin agotar la base de recursos naturales renovables Es sostenible y no amenaza el medio ambiente ni los derechos de las generaciones futuras.

La sentencia del Tribunal Constitucional lo eleva a categoría de ley Para garantizar el derecho colectivo a un medio ambiente sano, los Recursos naturales y conservación, especialmente la protección de todas las fuentes de agua del país. La ley también reorganizó el sector estatal responsable de la gestión y protección de las reservas naturales. el medio ambiente y los recursos naturales renovables sobre los que se fundaron las empresas Regiones autónomas funcionales y desarrollo sostenible Creado de conformidad con la Ley de 1993 no. 99 del artículo 31, siendo el más destacado el poder ejecutivo ambiente bajo su jurisdicción y otorgar concesiones, Licencias y otras aprobaciones ambientales de uso, desarrollo o movilización Recursos naturales sostenibles según normativa. entorno actual. Las mismas funciones son desempeñadas por las autoridades ambientales, Respecto del “artículo 66 de la Ley No. 99 de 1993 y del artículo 13 de la Ley No. 768 de 2002” [17].

3. METODOLOGÍA

2.1 Caracterización de la zona.

El proyecto se encuentra ubicado en la Vereda El Progreso, situada en el municipio de Itagüí – Antioquia. Las coordenadas del proyecto son 6° 11' 07.03" en la latitud Norte y 75° 36' 58.09" en la longitud Oeste. Se observó la poca capacidad del desarenador para ejecutar su función adecuadamente. En la zona, se recopiló información relevante sobre la población que recibía el suministro de agua, incluida la composición del agua. Estos datos fueron fundamentales para comprender en detalle la calidad y la forma en que se distribuía el suministro de agua a la población. En la cual se muestra a continuación en la figura 1.

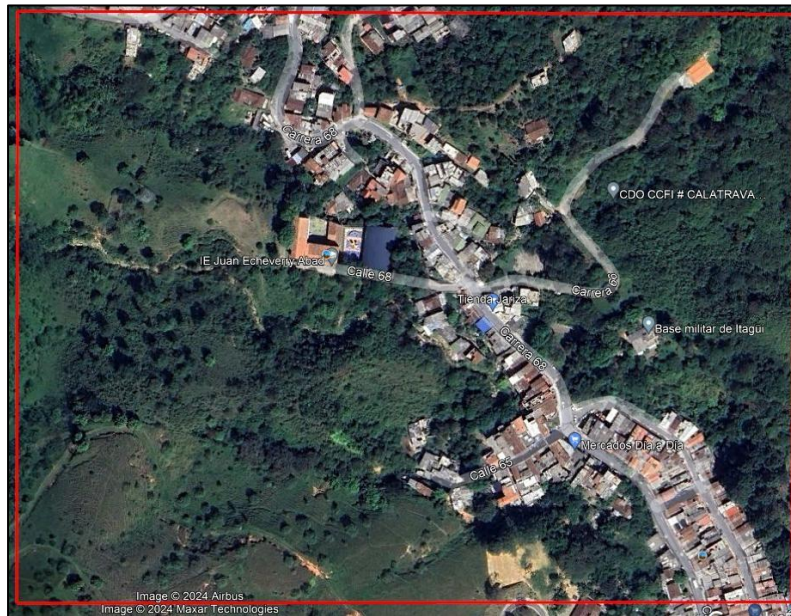


Fig 1. Localización de la zona estudio. Fuente: Google Earth.

2.1.1 Caracterización de la población. Se realizó un muestreo poblacional en el que se encuestó a los hogares para recopilar información sobre el número de habitantes por vivienda, el consumo mensual de agua y la disponibilidad de servicios como acueducto veredal, acueducto con agua tratada o ambos. El objetivo fue identificar el número de beneficiarios y entender la demanda de agua en la comunidad. El tamaño de la muestra se estableció con la siguiente fórmula 1 que se muestra a continuación:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}{(E^2 \cdot (N-1) + Z^2 \cdot p \cdot (1-p))} \quad (1)$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra.

N = Tamaño de la población.

Z = Valor de la distribución normal estándar (dependiendo del nivel de confianza; por ejemplo, para un 95% de confianza, Z es 1.96).

p = Proporción esperada de la población (se asume que $p = 0.5$ para obtener el tamaño máximo de la muestra).

E = Margen de error tolerado (en forma decimal, por ejemplo, 5% = 0.05). [18].

2.1.2 Caracterización del agua. Se tomaron dos muestras de agua cruda con el fin de realizar comparaciones y verificar si el desarenador cumplió su función. La primera muestra se recolectó en la quebrada La San Joaquina, a 10 metros aguas arriba de la bocatoma, y la segunda en el tanque de almacenamiento. Para la determinación del pH, las muestras fueron preparadas siguiendo los estándares establecidos en el método SM 4500-H⁺ B [19], utilizando la técnica electrométrica. La medición de los sólidos suspendidos totales (SST) se realizó mediante el método SM 2540 D [20], aplicando la técnica gravimétrica.

2.1.3 Topografía de la zona. Se realizó un levantamiento topográfico de la zona, a través de un levantamiento altiplanimétrico con dron, para este caso, un Evo Pro. Posterior se calculó un ortomosaico con la información capturada para generar un modelo digital de toda la zona, incluyendo el terreno. Este procedimiento se realizó en el software Agisoft Metashape. Con esta información es posible determinar las zonas externas de influencia a la fuente hídrica que entra al desarenador.

2.2 Diseño de desarenador

Se construyó un tanque en mampostería estructural reforzada el cual cumple con las especificaciones mínimas estipuladas por la norma NSR- 10 en el Título D[21], basado en mampostería estructural. Este diseño se realizó por el software llamado AutoCAD. Las dimensiones del tanque anterior eran (2,40m*0,90m*1,60m). La estructura del desarenador se hizo a partir de bloques de concreto de 13 Mpa y reforzado con barras de acero corrugado entre 1/2" y 3/8". Se garantizó una base estable mediante un confinamiento en la parte inferior con una losa de piso reforzada con malla electrosoldada y en la parte superior con una viga de

amarre reforzada con barras N3 y N4. La resistencia del concreto para la losa y la viga fue de 21 MPa, al igual que el concreto grouting utilizado para el relleno de las celdas de los bloques.

2.3 Implementación del desarenador

Una vez que se obtuvieron los diseños del desarenador, las especificaciones técnicas y la caracterización topográfica de la zona, se procedió a su implementación. Lo primero que se realizó fue la demolición del tanque desarenador existente, asegurando una adecuada disposición final de los residuos de construcción y demolición (RCD). El siguiente paso fue la nivelación y perfilación del terreno donde se construiría el nuevo tanque; este proceso consistió en la limpieza del área, la remoción de material excedente y la adecuación de la superficie mediante cortes y rellenos, con el fin de obtener una base estable y con las pendientes adecuadas para garantizar una correcta instalación del sistema. Posteriormente, se elaboró el mortero de limpieza sobre el cual se asentaría la nueva estructura. Una vez listo, se continuó con la instalación de la malla de refuerzo para la losa de piso, la figuración e instalación de las barras de acero de las dovelas de la mampostería, el encofrado de la losa y, por último, la elaboración y vaciado del concreto.

Luego de que la losa fue vaciada y fraguada, se inició la colocación de bloques para la mampostería, destacando que las celdas de los bloques fueron rellenas con mezcla de concreto. El último paso consistió en la construcción de la viga de amarre superior, encargada de terminar de confinar la estructura. Cabe resaltar que este elemento también fue reforzado con barras de acero. Una vez finalizada esta etapa, se esperó el tiempo estipulado para la curación del concreto. Posteriormente, se aplicó un impermeabilizante al tanque para evitar filtraciones y fugas de agua.

Después de la construcción, se llevó a cabo una verificación de lo implementado mediante inspección visual y pruebas básicas de funcionamiento, utilizando herramientas de medición como el nivel de burbuja. Este proceso tuvo como objetivo identificar posibles patologías estructurales, como filtraciones y problemas de nivelación del terreno, asegurando así la funcionalidad del proyecto.

4. RESULTADOS

3.1 Caracterización de la población

La población total del área era de aproximadamente 2.500 habitantes, de los cuales se estimó que el 25% se encontraba directamente afectado, es decir, cerca de 625 personas. Suponiendo un promedio de 5 integrantes por familia esto correspondía a unas 125 familias afectadas. Para obtener información precisa y representativa, se encuestaron 95 familias, considerando un margen de error del 5% y un nivel de confianza del 95%, lo que permitió garantizar la fiabilidad de los datos recolectados.

3.1.1 Caracterización del agua

Con el desarenador en funcionamiento, se realizaron dos muestreos de agua para evaluar su eficacia. El primer punto de muestreo se ubicó en la quebrada La San Joaquina, a 10 metros aguas arriba de la captación, mientras que el segundo punto fue el tanque de almacenamiento. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: la primera muestra presentó una concentración de sólidos suspendidos totales (SST) de 5.15 ± 0.29 mg/L y un pH de 8.06, mientras que la segunda muestra, tomada en el tanque de almacenamiento, mostró una concentración de sólidos suspendidos totales (SST) inferior a 5 mg/L y un pH de 8.00. Este análisis se llevó a cabo en horas de la mañana, periodo en el que se registra una alta demanda de agua por parte de la comunidad.

De acuerdo con la norma Colombiana Resolución 2115 de 2007, el pH del agua para consumo humano debe encontrarse entre 5.5 y 9.0 unidades de pH [22]. Los resultados de ambas muestras se hallaron dentro de este rango. Sin embargo, se observó una mínima disminución de 0,06 unidades de pH tras el paso del agua por el desarenador. En cuanto a los SST, se observó una eficiencia del 61,17%, lo que indica que el desarenador cumple su función de retener estas partículas.

A pesar de que el desarenador realizado presentó una eficiencia del 61,17% en la remoción de sólidos suspendidos totales (SST), este valor sigue siendo representativo de un desempeño funcional adecuado, especialmente considerando las condiciones operativas y el diseño. Ya que el alcanzado era igualar el 50% de efectividad. A continuación, se muestran en la figura 3 y 4.

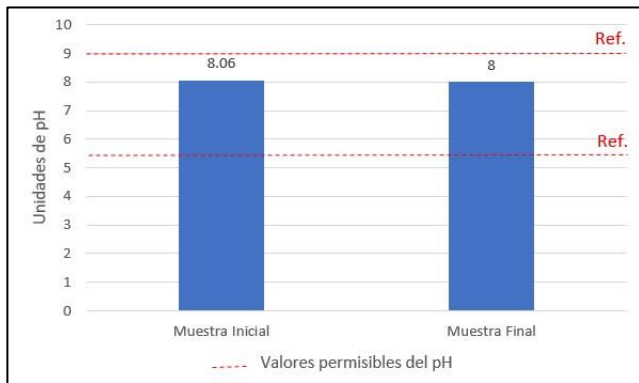


Fig 3. Resultados del pH

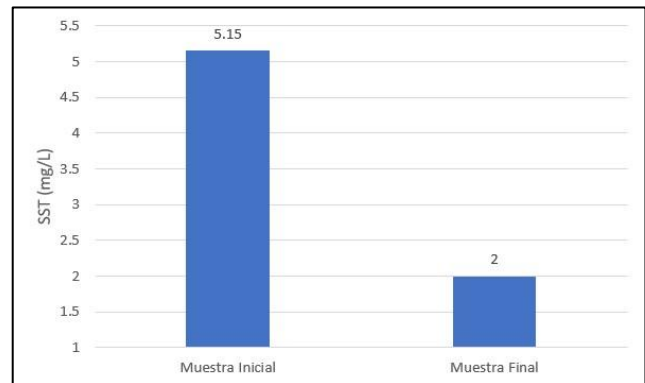


Fig 4. Resultados de los Sólidos suspendidos totales.

3.1.2 Levantamiento topográfico

Como resultado del levantamiento altiplanimétrico, se obtuvo un modelo digital de elevación que contenía información detallada de la superficie, como coordenadas y altitudes. Estos datos permitieron identificar características fundamentales del terreno, tales como las pendientes que varían entre el 30% y el 70% y la dirección de la escorrentía natural. La zona presenta una cota máxima de 2100 msnm y una cota mínima de 1600 msnm. Esta información fue clave como insumo complementario para el diseño del tanque desarenador del sistema ubicado aguas abajo. Las cuales se muestran en la figura 5:



Fig 5. Levantamiento topográfico vista en diferentes ángulos. Fuente: Elaboración propia.

3.2. Realización del diseño del desarenador

La figura (Fig) corresponde al diseño del desarenador, en el cual se tuvo en cuenta elementos como las paredes de concreto, los canales de entrada, salida y distribución de agua en las tuberías. Adicionalmente, se trazó la estructura rectangular del desarenador detallando los muros, el fondo y las pendientes internas, los cuales fueron representados mediante líneas y cotas, para facilitar su interpretación en la obra. Estos elementos se diseñaron con el fin de mejorar la eficiencia hidráulica y permitir un mantenimiento adecuado del sistema. En la misma figura, se puede observar la planta del tanque desarenador, donde se aprecian detalles como el relleno de la mampostería en concreto de 21 MPa fluido con triturado de 3/8", conforme a lo establecido por la norma NSR-10 para la construcción de mampostería estructural [21]. La cual a continuación se muestra en la figura 6:

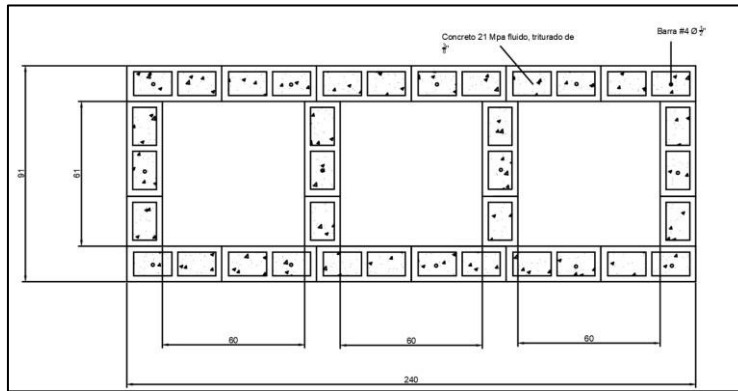


Fig 6. Planta del diseño tanque desarenador. Fuente: Elaboración propia.

La figura (7) muestra detalles como la losa de piso, la viga de amarre superior, así mismo el diámetro del acero utilizado para el refuerzo de la losa superior, las dovelas y los muros divisorios, también la malla electrosoldada en la losa inferior que va amarrada a las barras longitudinales para así tener una estructura uniforme.

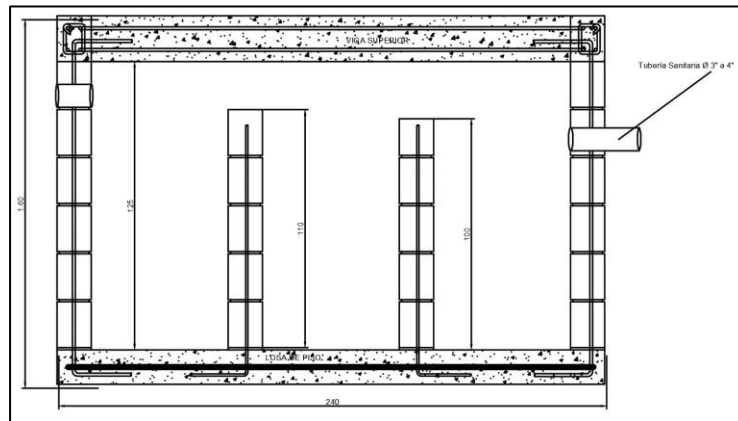


Fig 7 Perfil del diseño tanque desarenador. Fuente: Elaboración propia.

También se pueden apreciar el acero de los estribos y el amarre de los nervios, así mismo, el tubo de entrada y salida del tanque. Es importante aclarar que la división del tanque es en mampostería estructural y cuenta con un sistema de tres etapas (Ver Fig) y muros de diferente altura (110 y 100 cm). Cuando el agua entra en la primera etapa, pasa a la segunda por rebose, lo que permite que los sólidos suspendidos y las partículas se asienten en el fondo del tanque. Este proceso se repite hasta llegar a la tercera etapa donde el agua ya clarificada, se encuentra lista para consumo. A continuación se observara en la figura 8:

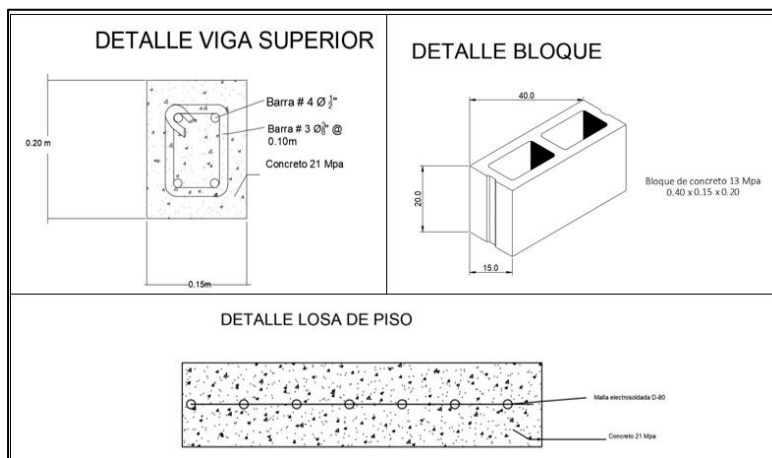


Fig 8. Detalles constructivos del diseño tanque desarenador. Fuente: Elaboración propia.

Por último, la (fig 8) muestra específicamente los detalles de cada uno de los componentes del tanque, en este caso, la losa inferior o de piso y lo que la compone, así mismo el bloque utilizado para la mampostería sus dimensiones, y su resistencia. También, la viga superior o de amarre con su respectivo acero de refuerzo y tipo de concreto.

3.3. Implementación del desarenador en la zona de estudio

Inicialmente se verificaron las condiciones del desarenador existente. Al identificar las fallas y patologías negativas que presentaba, se definió que se iba a demoler y hacer un nuevo tanque desarenador. Para la demolición del desarenador existente que tenía la comunidad, se tuvo en cuenta procesos que garantice la seguridad y eficiencia de la estructura.

3.3.1 Evaluación inicial

Inicialmente se realizó una inspección, evaluando la estructura, incluyendo materiales de construcción (hormigón, acero, varillas etc), tamaño y el estado actual. Estudiando el entorno se analizó las condiciones que se tenían y se identificó riesgos potenciales, como la cercanía de otras estructuras, redes de servicios (agua, electricidad y gas) y el acceso a otros sitios. La cual se observara en la figura 9:



Fig 9. Inspección de las condiciones del desarenador. Fuente: Elaboración propia.

3.3.2 Proceso de demolición

Se eligió el método más adecuado que puede ser mecánico o manual, en este caso no se tuvo que utilizar una maquinaria pesada para realizar la demolición si no por medios de martillos, palas, entre otros. Se ejecutó la demolición en fases, comenzando por el área frágil o vulnerable, se hizo paso a paso para no dañar las tuberías, primero se utilizaron herramientas como martillo, pico y pala para ir recogiendo los escombros También se mantenía un monitoreo continuo para asegurarse que la demolición se realice correctamente. Se definió como se iban a manejar los residuos, como hormigón, aceros y otros materiales, estableciendo un punto de reciclaje donde se le diera una eliminación adecuada para no afectar el medio ambiente. Las cuales a continuación se muestran en la figura 10



Fig 10. Primera fase de demolición. Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se retiraron los escombros de manera controlada transportando los materiales o residuos al destino correspondiente. Después de este proceso, se hizo restauración del terreno donde primero se percató de que no hubiera quedado residuos de la demolición, asegurando una buena limpieza de terreno y teniendo en cuenta la nivelación del terreno para no afectar la construcción del nuevo desarenador. Las cuales se muestran en la figura 11:



Fig 11. Proceso demolición del tanque existente. Fuente: Elaboración propia.

3.3.3 Proceso de construcción

Teniendo el tanque existente demolido se procedió a hacer desmonte y limpieza del área donde se iba construir el nuevo tanque, se garantizó que la superficie estuviera óptima y se comenzó con la ejecución. La primera etapa consistió en vaciar un solado de limpieza para luego continuar con el trazado de la mampostería y la ubicación de las dovelas. Una vez marcado se hizo el despiece del acero de refuerzo que va a ser embebido en el vaciado de la losa de piso, la cual lleva un refuerzo con malla electrosoldada. Cumpliendo con el tiempo de fraguado, se comenzó con la instalación de la mampostería, la cual, está distribuida en bloques de concreto a medida. Una vez terminadas las hiladas de bloque se llenaron con concreto fluido tipo grouting. Posteriormente, y garantizando la altura de acabado del tanque, se hizo el encofrado de la viga superior de amarre. Al tener el tanque construido casi en su totalidad se le aplicó impermeabilizante a todas las caras de los muros ya que este va a estar en constante contacto con el agua. También se hizo el anclaje del herraje y las compuertas de cerrado. Finalmente esperado el tiempo de curado, se procedió con la implementación, con la apertura del agua de la bocatoma hacia el tanque. Las cuales se muestran a continuación en la figura 12:



Fig 12. Construcción tanque desarenador

5. CONCLUSIÓN

Se concluye que el desarenador cumplió adecuadamente su función, permitiendo una mejora significativa en el acceso y la captación del agua para la comunidad de la Vereda El Progreso, en el municipio de Itagüí, Antioquia. A partir de una caracterización detallada del entorno, que incluyó muestras de agua, el análisis de la topografía y la distribución poblacional, se diseñó un sistema adaptado a las condiciones locales. La implementación del desarenador redujo la presencia de sedimentos y mejoró la captación del recurso hídrico, beneficiando directamente a los habitantes de la zona.

Para obtener información precisa y representativa, se encuestaron 95 familias, lo que permitió comprender mejor las condiciones de uso, acceso y percepción del recurso por parte de la comunidad. En cuanto a la calidad del agua, el pH en ambas muestras analizadas se mantuvo dentro de los rangos admisibles para el consumo humano, establecidos entre 5,5 y 9,0 unidades de pH, lo cual es un indicador favorable del comportamiento del sistema.

Respecto a los sólidos suspendidos totales (SST), se observó una eficiencia del 61,17 %, lo que demuestra que el desarenador cumple su función de retener partículas sólidas. Aunque solo se tomó una muestra en cada punto de muestreo, estas se obtuvieron bajo condiciones críticas y representativas del flujo, lo que sugiere que en escenarios más favorables los resultados podrían ser aún mejores. Las muestras, por tanto, ofrecieron una primera aproximación válida para evaluar el funcionamiento del sistema.

Desde el punto de vista constructivo, el sistema se desarrolló en un entorno con pendientes que varían entre el 30 % y el 70 %, lo que implicó retos técnicos importantes. Para garantizar la estabilidad de la estructura, se utilizó mampostería en concreto fluido de 21 MPa con triturado de 3/8”, cumpliendo con lo establecido en la norma NSR-10 para construcción de mampostería estructural. Esta solución permitió adaptar el diseño a las condiciones del terreno, asegurando durabilidad y resistencia.

Se recomienda realizar la limpieza del desarenador al menos **una vez por semana**, especialmente en épocas de lluvia, cuando el arrastre de sólidos desde la cuenca puede aumentar significativamente. Si se observa una acumulación de arena superior al 25% de la profundidad útil del tanque, se debe hacer una limpieza inmediata, y Cada **año** se debe revisar el estado estructural de los elementos en concreto (fisuras, desgastes, erosión) y de los elementos metálicos (corrosión), con el fin de aplicar correcciones o sellamientos preventivos.

En general, el proyecto no solo representa un avance técnico en el acceso al agua a pequeña escala, sino que también constituye un aporte significativo al bienestar y desarrollo de la comunidad. No obstante, se recomienda realizar un seguimiento continuo durante la etapa de operación, a fin de monitorear el desempeño del sistema y efectuar los ajustes necesarios si así se requiere.

REFERENCES

- [1] L. A. Jaramillo, W. A. Lozano, J. A. Martínez, and A. A. Cháves, “Superintendencia de servicios públicos en tiempos de cambio,” *Revista ACODAL*, no. 257, pp. 1–53, Apr. 2023, [Online]. Available: www.congresos.acodal.org.co
- [2] Wash Colombia, “Análisis del acceso a agua en Colombia desde diferentes metodologías,” 2023. [Online]. Available: https://www.r4v.info/sites/default/files/2023-03/20230322%20An%C3%A1lisis%20del%20acceso%20a%20agua%20en%20Colombia%20desde%20diferentes%20metodolog%C3%ADas_VF.pdf
- [3] J. O. Moreno Méndez, “Los retos del acceso a agua potable y saneamiento básico de zonas rurales en Colombia,” *Revista de Ingeniería*, [Online]. Available: www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/economics/es/.
- [4] H. S. Huallpa, “Construcción y evaluación de un hidrociclón para la remoción de arenas residuales en el desarenador en la planta de tratamiento de aguas residuales ‘La Totora’ – Ayacucho,” *Repositorio Universidad Nacional de San Cristobal*, 2019, [Online]. Available: https://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3421/1/TESIS%20Q511_Hua.pdf
- [5] A. F. Gamboa, “Entre lo estatal y lo comunitario: el suministro de agua rural a través de acueductos comunitarios,” *Repositorio Universidad de los Andes*, [Online]. Available: <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/941caca4-ff1d-4f64-9e78-382606d4fd06/content>
- [6] E. A. López and D. V. Correa, “Estudio de viabilidad para la construcción de un acueducto en un municipio o vereda del oriente antioqueño,” *Repositorio Escuela de Ingeniería de Antioquia*, 2015, [Online]. Available: <https://repository.eia.edu.co/server/api/core/bitstreams/4e81b0ba-7f12-4e15-87dd-2bfecd59b75a/content>
- [7] A. G. Carabantes and N. Fericola, “Arsénico en el agua de bebida: un problema de salud pública,” 2003. [Online]. Available: <https://www.scielo.br/j/rbcf/a/vHTyjYryJZ8PrsqRy33pSSN/?format=pdf&lang=es>
- [8] L. H. Vásquez, H. C. Garcia, and D. M. Alvarado, “Calidad del agua para consumo humano y salud: dos estudios de caso en Costa Rica,” *Rev Costar Salud Pública*, vol. 20, 2011, [Online]. Available: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rcsp/v20n1/art4v20n1.pdf>
- [9] Acuatecnica, “Plantas potabilizadoras de agua en Colombia.” [Online]. Available: <https://acuatecnica.com/category/agua-potable/>
- [10] L. A. Ortega, “Estudio de la eficiencia de dos desarenadores para cámaras de inspección bajo distintas condiciones hidráulicas y de carga de sedimentos,” 2019. [Online]. Available: <https://pavcowavin.com.co/estudio-de-la-eficiencia-dedados-desarenadores-para-camaras-de-inspeccion-bajo-distintas-condiciones-hidraulicas-y-de-carga-de-sedimentos>

