PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA DE CALI
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS
INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO 2

DISEÑO DE ABASTO DE AGUA PARA LA VEREDA EL ARRAYAN

INFORME FINAL

PRESENTADO A:
Dr.-Ing. CESAR CAMILO CAÑON BARRIGA

PRESENTADO POR:
BONILLA CASTRO ISABELLA
PALACIOS DANIEL MAURICIO
RAMOS DAYANI MOLINA
ROJAS JUAN SEBASTIAN

14 DE JUNIO DE 2025
SANTIAGO DE CALI

Tabla de contenido

RESUMEN 4
1. INTRODUCCIÓN 5
2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA 6
3. SITUACIÓN ACTUAL 7
4. OBJETIVOS 8
5. JUSTIFICACIÓN 9
6. MARCO TEÓRICO 10
7. ESTUDIO HIDROLÓGICO 13
8. DISEÑO DE ABASTO DE AGUA 17
9. PLANTEAMIENTOS 18
11. REFERENCIAS 21

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1 Trayectoria desde la PUJC hasta la vereda el Arrayán, ubicada en Caloto, Cauca. 5
Ilustración 2 Se evidencia como las familias que no cuentan con acueducto, reciben el agua por medio de manguera de riego. Fuente: comunidad Arrayán..... 5
Ilustración 3 Tubería de salida desde Bocatoma..... 6
Ilustración 4 Estado actual de la salida de agua de la Bocatoma 6
Ilustración 5 Captación de agua de la quebrada el Chocho. Fuente: propia..... 7
Ilustración 6 Tanques de almacenamiento..... 7
Ilustración 7 Desarenador. Fuente: propia 7
Ilustración 8 Recorrido de tubería desde la Bocatoma al Tanque - Bosquejo 7
Ilustración 9 Ecuaciones para el cálculo de las variables 13
Ilustración 10 Delimitación de la cuenca sobre el área del terreno en Caloto 14
Ilustración 11 Propuesta de muro 18
Ilustración 12 Red de distribución desde el tanque.....19

Índice de tablas

Tabla 1 Características físicas de la cuenca.....13
Tabla 2 Forma e interpretación de la cuenca 13
Tabla 3 Tiempo de concentración y pendiente 15
Tabla 4 Tabla de resultados de caudal de diseño 16

Tabla de ecuaciones

Ecuación 1 Cálculo de Tc 15
Ecuación 2 Cálculo de Caudal 16

RESUMEN

En la vereda El Arrayán, ubicada en el municipio de Caloto, Cauca, se enfrenta una problemática relacionada con el acceso al agua potable. Esta comunidad rural, con aproximadamente 150 habitantes, depende de la quebrada El Chocho como fuente principal de agua. Sin embargo, la falta de infraestructura adecuada de distribución ha limitado el acceso de las familias al agua potable, afectando su calidad de vida y las actividades productivas esenciales para la comunidad.

Actualmente, solo 40 de las 70 viviendas en la vereda cuentan con acceso al agua potable mediante un abasto; las otras 30 dependen de mangueras de riego, lo que resalta la necesidad urgente de expandir la red de distribución. La instalación de un sistema de tuberías eficiente es crucial para garantizar un suministro constante y seguro, mejorando así las condiciones de vida de los habitantes y promoviendo el desarrollo sostenible de la región.

Este proyecto busca diseñar un sistema de abasto que no solo satisfaga las necesidades actuales de agua de la comunidad, sino que también considere su crecimiento futuro. Para lograrlo, es necesario identificar y evaluar varios subproblemas, el diseño del sistema de tuberías, los costos de implementación y mantenimiento, el impacto ambiental, y la capacitación de la comunidad en la operación y mantenimiento del sistema.

La implementación de un sistema de distribución de agua potable para la vereda El Arrayán es fundamental no solo para evitar problemas de salud y mantener el bienestar de sus habitantes, sino también para asegurar la sostenibilidad del recurso hídrico. Este proyecto representa una oportunidad para aplicar conocimientos técnicos en la solución de un problema real, contribuyendo significativamente al desarrollo social y económico de la región. De esta manera, el diseño de un abasto eficiente y sostenible en El Arrayán establecerá las bases para una mejor gestión del recurso hídrico, garantizando así un acceso continuo y seguro al agua para toda la comunidad.

1. INTRODUCCIÓN

La vereda El Arrayán, se encuentra ubicada en el sur occidente del país, en el municipio de Caloto departamento del Cauca (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**); es una comunidad rural con 150 habitantes aproximadamente. La fuente para el llenado del tanque de almacenamiento actual es la quebrada el Chocho. En el sector hay 70 casas unifamiliares, de las cuales 40 familias tienen acceso al agua potable por medio de abasto y 30 familias no tienen este derecho fundamental y lo hacen por medio de mangueras de riego. Tener este recurso hídrico limitado, repercute en el consumo doméstico y en el desarrollo de actividades diarias, principalmente la producción agrícola de la vereda.

El alcance de este trabajo se limita exclusivamente al diseño del abasto, sin involucrar su ejecución. Este diseño es fundamental para garantizar el acceso a un recurso esencial, mejorando las condiciones de salud y promoviendo el desarrollo sostenible de la comunidad.

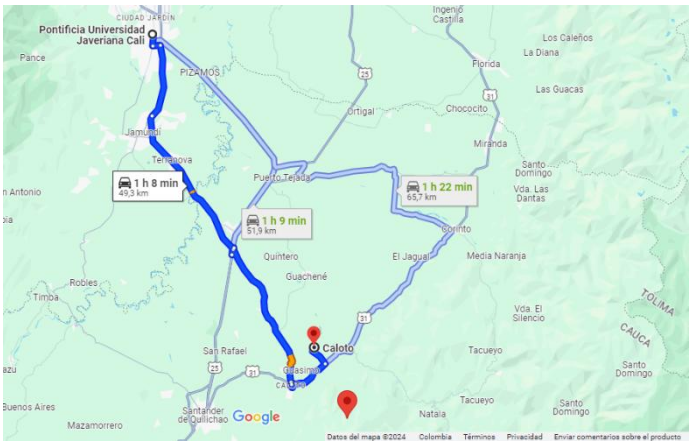

Ilustración 1 Trayectoria desde la PUJC hasta la vereda el Arrayán, ubicada en Caloto, Cauca.

Ilustración 2 Se evidencia como las familias que no cuentan con acueducto, reciben el agua por medio de manguera de riego. Fuente: comunidad Arrayán

2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Contexto

La comunidad de El Arrayán enfrenta una problemática significativa debido a la falta de un sistema adecuado de distribución de agua. Aunque la quebrada local proporciona una fuente de agua suficiente, no se cuenta con la infraestructura necesaria para distribuir este recurso vital a los hogares y áreas agrícolas de la comunidad.

Problema Principal

Es necesario instalar tuberías para distribuir el agua desde el tanque de almacenamiento, abastecido por la quebrada El Chocho, hacia las viviendas. Sin un sistema de tuberías eficiente, el acceso al agua es limitado y poco confiable, afectando la calidad de vida y las actividades productivas de los habitantes.

Ilustración 3 Tubería de salida desde Bocatoma

Ilustración 4 Estado actual de la salida de agua de la Bocatoma

3. SITUACIÓN ACTUAL

La muestra dos tanques construidos, el tanque del lado izquierdo es el que actualmente funciona para recolectar el agua y distribuirla. Sin embargo, debido a que la cantidad de agua captada no es suficiente, se ha buscado otra fuente. Ya se cuenta con la captación, el desarenador y el tanque para esta nueva fuente, pero se requiere la conexión de estos componentes y la red de distribución para llevar el agua a las familias de manera efectiva.

Ilustración 5 Captación de agua de la quebrada el Chocho. Fuente: propia

Ilustración 6 Tanques de almacenamiento

Ilustración 7 Desarenador. Fuente: propia

Ilustración 8 Recorrido de tubería desde la Bocatoma al Tanque - Bosquejo

4. OBJETIVOS

General

Hacer un diseño de sistema de abasto que garantice el suministro sostenible de agua de calidad a la población de la vereda El Arrayán, municipio de Caloto, Cauca, mediante la información levantada en campo, la modelación y cálculos posteriores

Específicos

1. Promover prácticas sostenibles en el uso y manejo del recurso hídrico.
2. Realizar el estudio hidrológico de la cuenca generadora.
3. Modelar el sistema de abastecimiento desde la bocatoma hasta los usuarios finales

5. JUSTIFICACIÓN

A través de este proyecto, buscamos generar un impacto positivo en la población, contribuyendo a mejorar su calidad de vida mediante el diseño de una infraestructura eficiente y sostenible, lista para ser implementada en fases futuras.

Este trabajo además constituye un requisito académico para la obtención del título en Ingeniería Civil, brindándonos la oportunidad de aplicar conocimientos técnicos en la solución de una problemática real.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Contextualización: El suministro de agua potable en la vereda El Arrayán, municipio de Caloto, Cauca, presenta deficiencias que causan impactos de manera significativa en términos cantidad para su distribución. Los habitantes se ven afectados con problemas como la escasez de agua durante la época seca y se ha estado presentando falta de acceso a un servicio constante y equitativo. Debido a esta situación, se hace necesario diseñar e implementar un sistema de abasto que garantice el suministro sostenible de agua potable a la comunidad. El objetivo general de este proyecto es hacer un diseño que garantice el suministro sostenible de abasto de agua de calidad a la población.

6.2 Redes de distribución de servicio público en Colombia: El diseño de redes de distribución de servicio público en Colombia requiere evaluar bases de datos geográficas que incluyan información de redes de agua potable, fuentes superficiales, y características geográficas y altimétricas. El uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) es clave para trazar rutas óptimas entre nodos de demanda, incluso en áreas sin caminos preestablecidos. Además, se estima la demanda de agua en cada municipio mediante métodos basados en proyecciones poblacionales históricas. Un análisis hidrológico de la cuenca es necesario para asegurar la capacidad de abastecimiento sin afectar el medio ambiente. Se identifican restricciones de diseño, como cuerpos de agua o zonas protegidas, que podrían requerir estructuras adicionales. El dimensionamiento de tuberías se realiza usando la ecuación de Darcy-Weisbach para asegurar un correcto flujo de agua. Finalmente, se lleva a cabo un análisis financiero para calcular los costos de construcción, comparando con proyectos similares en la región.

6.3 Metodologías de diseño tradicionales para redes de distribución de agua potable: Las metodologías de diseño tradicionales para redes de distribución de agua potable incluyen la proyección de demanda de agua mediante métodos poblacionales basados en datos históricos (ajuste lineal, exponencial, geométrico y potencial). Además, se emplea la fórmula de Darcy-Weisbach, que verifica las líneas de energía de la red, considerando alturas y permitiendo el dimensionamiento adecuado de los diámetros de las tuberías. Esta fórmula también evalúa la circulación de fluidos dentro de la red. Estas metodologías aseguran un diseño preciso, eficiente y capaz de satisfacer la demanda futura de agua.

6.4 Sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento: con el fin de lograr un abastecimiento natural de agua sostenible en la vereda, se recomienda involucrar a la comunidad local en la gestión del agua, proteger las fuentes naturales de agua, promover el uso eficiente del recurso, implementar tecnologías adecuadas para el tratamiento y almacenamiento, y educar a la población sobre la importancia del agua y prácticas sostenibles. Además, establecer sistemas de monitoreo y evaluación permitirá ajustar y mejorar las estrategias a lo largo del tiempo.

6.5 Normatividad:

6.5.1 El marco legal que regula el suministro de agua potable en Colombia incluye la Ley 142 de 1994 (Ley de Servicios Públicos Domiciliarios), que establece las obligaciones de las entidades prestadoras de servicios públicos, incluyendo las

zonas rurales. También se complementa con normativas relacionadas con la protección de los recursos hídricos y la planificación del territorio.

6.5.2 El diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en Colombia se rige principalmente por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), emitido por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Este reglamento establece las normas y procedimientos técnicos que deben seguirse para garantizar la calidad y seguridad del suministro de agua potable. En resumen, se puede hacer el desarrollo de la siguiente metodología:

Diseño del Sistema de Tuberías:

- Utilizar software especializado para el diseño hidráulico y mecánico del sistema.
- Seguir las especificaciones del RAS para el diámetro y material de las tuberías.

Impacto Ambiental:

- Realizar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) como lo exige la normativa.
- Implementar un plan de manejo ambiental para mitigar impactos.

Operación y Mantenimiento:

- Crear manuales de operación y mantenimiento según las guías del RAS.
- Capacitar a operadores locales y establecer un programa de mantenimiento preventivo.

6.5.3 Basados en la norma RAS, título J: (pág. 17-22) los principios orientadores en la gestión de proyectos rurales son esenciales para diseñar y gestionar proyectos de agua y saneamiento en áreas rurales. Estos principios están detallados en las Resoluciones 844 de 2018 y 330 de 2017 y abarcan aspectos clave como la progresividad, las soluciones tecnológicas apropiadas, la disponibilidad de agua, la sostenibilidad ambiental y operativa, la participación comunitaria y la gestión del riesgo.

6.5.3.1 La Resolución 844 de 2018 establece la necesidad de:

- Enfocarse en las necesidades prioritarias de agua para consumo humano y saneamiento básico.
- Mejorar gradualmente los servicios según las capacidades de la comunidad.
- Proponer soluciones tecnológicas apropiadas que sean simples, sostenibles y costo-eficientes, fomentando la participación de la comunidad en la elección de tecnologías.
- Proteger los cuerpos de agua, reducir la generación de residuos y garantizar que las soluciones sean manejables a largo plazo.
- Involucrar a la comunidad en todas las etapas del proyecto y promover la transferencia de conocimientos.

6.5.3.2 La Resolución 330 de 2017**,** además de lo anterior, añade:

- Garantizar la calidad y la prestación continua de los servicios.
- Promover el uso racional de recursos durante la contratación, planeación y operación de las infraestructuras.
- Diseñar sistemas duraderos y seguros que minimicen la dependencia de soporte externo.

Estos principios son fundamentales para asegurar que el diseño y la gestión de los proyectos de agua en la vereda El Arrayán sean eficientes, sostenibles y adecuadamente adaptados a las necesidades de la comunidad.

6.5.4 Fases de planeación de los proyectos rurales (pág. 38-41). La planeación de proyectos rurales es esencial para asegurar que estos sean efectivos y sostenibles, y se divide en cinco fases: preparación, verificación en campo, diagnóstico integral, identificación de alternativas tecnológicas y selección participativa de alternativas. En la fase de preparación, se revisan datos existentes y se delimitan las zonas de actuación del proyecto. La verificación en campo valida y complementa esta información, evaluando la calidad del agua y condiciones del terreno. El diagnóstico integral diagnostica problemas y busca soluciones analizando la demanda de agua y las condiciones socioeconómicas. La identificación de alternativas tecnológicas propone soluciones viables considerando la capacidad operativa de la comunidad. Finalmente, la selección participativa de alternativas asegura que la comunidad acepte y apoye la solución propuesta a través de la socialización y toma de decisiones basadas en criterios técnicos y preferencias locales.

7. ESTUDIO HIDROLÓGICO

7.1 Cuenca

En esta sección se expone el proceso de delimitación de la cuenca correspondiente al área de estudio, el cual se llevó a cabo mediante herramientas cartográficas y sistemas de información geográfica (SIG). Se incluyen los cálculos realizados para establecer con precisión los límites hidrográficos, considerando aspectos como el relieve, la red de drenaje y la pendiente del terreno. Además, se presenta una tabla resumen con las principales características morfométricas y físicas de la cuenca, tales como el área, perímetro, pendiente media, longitud del cauce principal, para el análisis hidrológico y el diseño del sistema de abastecimiento.

Características físicas de la cuenca		
Descripción	Unidad	
Área	(km2)	0.98
Perímetro	(km)	5.95
Pendiente media	(%)	43.57%
Pendiente min	(%)	0.19%
Pendiente máx.	(%)	133.06%
Altura media	(m)	1975.68
Altura min	(m)	1747.26
Altura máx.	(m)	2222.02
Longitud	(m)	1867.82
Ancho	(m)	893.35

Tabla 1 Características físicas de la cuenca

Expresión	Variables	Interpretación
$Kf=A/Lm^2$	A: Área (Km^2) Lm: Long máx recorrido (Km)	Kf≈0 Tendencia alargada Kf≈1 Tendencia redonda
$Kc=0.28(P/\sqrt{A})$	P: Perímetro (Km) A: Área (Km^2)	Kc=1.00 a 1.25 Redonda a Oval redonda Kc=1.26 a 1.50 Oval red. a Oval oblonga Kc=1.51 a 1.75 Oval obl. a Rect oblonga
Ia=Lm/B	Lm: Long máx recorrido (Km) B: Ancho máximo (Km)	Ia >1 Tendencia largada Ia ≈1 Tendencia redonda

Ilustración 9 Ecuaciones para el cálculo de las variables

Forma de la cuenca		**Interpretación**
Factor de forma (kf)	0.5251	Kc ≈ 1 Tendencia Redonda
Coeficiente de compacidad (kc)	1.6825	Kc = 1.51 a 1.75 oval obl. A Rect oblonga
Indice de alargamiento (Ia)	2.0908	Ia > 1 Tendencia alargada

Tabla 2 Forma e interpretación de la cuenca

Ilustración 10 Delimitación de la cuenca sobre el área del terreno en Caloto

7.2 Estimación de caudal

Con el objetivo de dimensionar adecuadamente el sistema de abastecimiento de agua para la vereda El Arrayán, se llevó a cabo el cálculo del caudal de diseño utilizando el método racional, el cual es apropiado para cuencas pequeñas y medianas, como es el caso del presente estudio. Este método permite estimar el caudal máximo de escorrentía superficial a partir de variables como la intensidad de la precipitación, el área de la cuenca y el coeficiente de escorrentía.

Los datos hidrológicos utilizados provienen de registros pluviométricos históricos de la estación más cercana a la zona de estudio, así como de las características físicas de la cuenca obtenidas mediante análisis cartográfico y SIG. La intensidad de la lluvia se estimó considerando un período de retorno de 100 años.

A continuación, se calcula el tiempo de concentración de la cuenca, parámetro fundamental para estimar la intensidad de la lluvia de diseño y, por tanto, el caudal máximo de escorrentía superficial.

7.2.1 EL tiempo de concentración (Tc) se calcula con la ecuación de Kirpich:

$$Tc = 0.0195 \cdot \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Ecuación 1 Cálculo de Tc

Donde:

L= longitud del flujo (m)
S= pendiente media del terreno (m/m)

Tc	8.86899627	min
S	0.4357	m/m

Tabla 3 Tiempo de concentración y pendiente

7.2.2 El cálculo del caudal se realizó con la ecuación:

$$Q = \frac{C.I.A}{360}$$

Ecuación 2 Cálculo de Caudal

Donde:

- Q es el caudal de diseño (m^3/s),
- C es el coeficiente de escorrentía (adimensional),
- I es la intensidad de la lluvia (mm/h),
- A es el área de la cuenca (km^2).

Parámetro	Valor
Área de la cuenca (A)	0.98 km^2
Coeficiente de escorrentía (C)	0.30
Intensidad de la lluvia (I)	233.6 mm/min
Tiempo de concentración (Tc)	8.87 min
Caudal de diseño (Q)	19.08 m^3/s

Tabla 4 Tabla de resultados de caudal de diseño

8. DISEÑO DE ABASTO DE AGUA

8.1 Cálculo de demanda

Se tiene que en promedio 6 personas viven por vivienda y se calcula el caudal pico por vivienda:

$$Q_{vivienda\ pico} = \frac{q_d . n_h . k_2}{86.400}$$

Ecuación 3 Q vivienda pico

Donde:

- q_d: dotación (L/Hab/día) = 140 L/Hab/día
- n_h: número de personas por vivienda= 6
- K_2: coeficiente de variación horaria (1,5 a 2,0) = 2,0 (valor típico recomendado la RAS)
- 86.400: número de segundos por día (para convertir a L/s)

Sustituyendo:

$$Q_{vivienda\ pico} = \frac{140\ .\ 6\ .\ 2{,}0}{86.400} \approx 0{,}01944\ L/s$$

Ecuación 4 Q vivienda pico

8.2 Cálculo de volumen de excavación:

Longitud = 5.896
Ancho = 0,6
Profundidad = 1,3

$$Volumen = 5896 * 0{,}6 * 1{,}3 = 4.597{,}68\ m^3$$

Ecuación 5 Volumen

8.3 Se empiezan a realizar los cálculos para hallar los diámetros de las tuberías para la distribución, con la ayuda del software EPANET.

8.3.1 Luego dependiendo de los resultados se itera, hasta que las presiones sean mayores a 10 y menor a 50 metros.

8.4 En anexos, se encuentran las tablas de resultados después del análisis con las presiones para cada nodo, las distancias entre ellos y los diámetros de tubería.

9. PLANTEAMIENTOS

9.1 Muro de contención para la estructura de la bocatoma existente

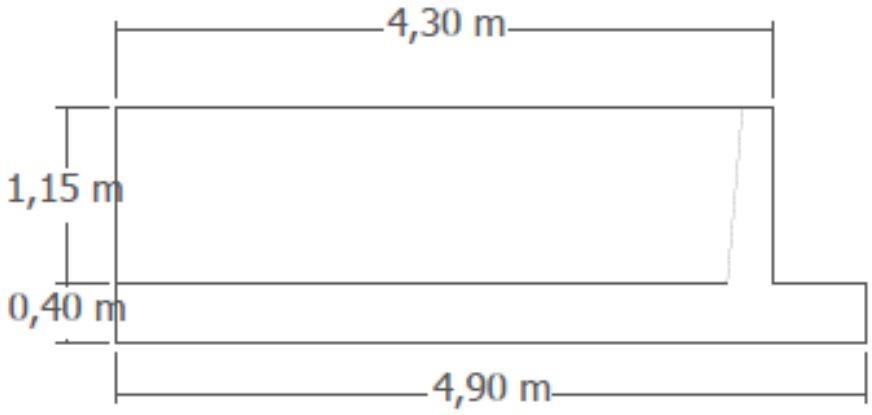

Ilustración 11 Propuesta de muro

Se propone un muro en L en la parte superior de la bocatoma con dimensiones de 4.30 x 1.55 con el fin de rodear la zona de terreno con cobertura vegetal que se encuentra en la margen inmediata a la captación. Su función principal es actuar como una barrera física que impida el ingreso de sedimentos gruesos (tales como barro, ramas, hojas y otros sólidos flotantes) que puedan comprometer la eficiencia del sistema de captación. La ubicación del muro aguas arriba de la bocatoma permite interceptar el flujo antes de que alcance los elementos estructurales del sistema, protegiéndolos en épocas de creciente y reduciendo el riesgo de taponamientos o pérdida de capacidad hidráulica.

9.2 Red de distribución de tubería para el abasto de la vereda el Arrayán

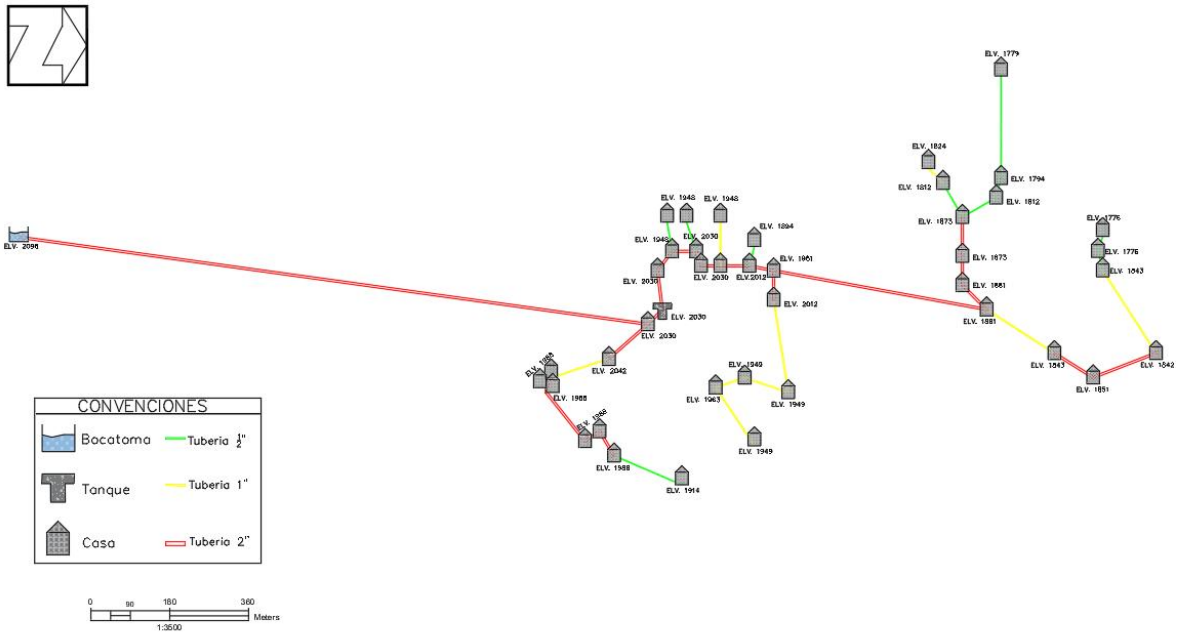

Ilustración 12 Red de distribución desde el tanque

10. PRESUPUESTO

A continuación, se presenta una estimación del presupuesto como resultado de la modelación del sistema de abastecimiento desde la bocatoma hasta la distribución para los usuarios finales.

ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	**ACTIVIDADES PREVIAS**		**$ 101.253.360**
2	**ESTRUCTURA BOCATOMA Y MURO**		**$ 2.168.432**
3	**RED TUBERIA PVC**		**$ 526.315.108**
4	**UNIONES Y ACCESORIOS**		**$ 28.824.200**
5	**VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN**		**$ 36.032.032**
COSTOS DIRECTOS			**$ 694.593.132**
ADMINISTRACIÓN		11,89%	$ 82.604.847
UTILIDAD		2.00%	$ 13.891.863
IVA SOBRE UTILIDAD		19.00%	$ 2.639.454
COSTO TOTAL			**$ 793.729.296**

10.1 En anexos se encuentra el detallado del presupuesto el APU y AIU.

11. REFERENCIAS

a. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2021). Informe Nacional de Coberturas de los Servicios Públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo. Bogotá, Colombia: Superservicios.
b. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). Guía para la gestión integral del recurso hídrico. Bogotá, Colombia.
c. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS). Resolución 330 de 2017. Bogotá, Colombia: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.