

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
VICERRECTORÍA DE DOCENCIA  
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



Informe de Trabajo Final de Graduación presentado a la  
Escuela de Ingeniería Agrícola como requisito parcial para  
optar al grado de Licenciado en Ingeniería Agrícola

Diseño de un sistema de conducción para el abastecimiento de agua potable para la comunidad  
La Enseñanza, en el distrito de Capellades del Cantón de Alvarado, Cartago

Keylor Fabián Núñez Marín

CARTAGO, 2021

Diseño de un sistema de conducción para el abastecimiento de agua potable para la comunidad  
La Enseñanza, en el distrito de Capellades del Cantón de Alvarado, Cartago

Keylor Fabián Núñez Marín

Informe de Trabajo Final de Graduación presentado a la  
Escuela de Ingeniería Agrícola como requisito parcial para  
optar al grado de Licenciado en Ingeniería Agrícola

---

Nombre

Adrián Chavarría Vidal

Asesor

---

Nombre

Isabel Guzmán Arias

Directora

Escuela Ingeniería Agrícola

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

CARTAGO, COSTA RICA

2021



Este obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

**ACTA DE CALIFICACION DE TRABAJOS DE GRADUACION**

A las 9:00 horas del día 18 del mes de Noviembre del año 2021 el estudiante:  
Keylor Fabián Núñez Marín

presenta y defiende su trabajo de graduación titulado:

Diseño de un sistema de conducción para el abastecimiento de agua potable para la  
comunidad La Enseñanza, en el distrito de Capellades del Cantón de Alvarado,  
Cartago

ante el Tribunal de Evaluación compuesto por los siguientes miembros:

Presidente (a): Laura Segura Serrano

Asesor (a) de la Escuela: Adrián Chavarría Vidal

Lector (a): Marisol Estrada Rey

Se le confiere la nota de 88 y firman conforme lo dispone el Reglamento de Trabajos

Finales de Graduación:

LAURA PATRICIA  
SEGURA SERRANO  
(FIRMA)

Firmado digitalmente por  
LAURA PATRICIA SEGURA  
SERRANO (FIRMA)  
Fecha: 2021.11.18  
12:34:48 -06'00'

PRESIDENTE (A)



LECTOR (A)

ADRIAN  
ENRIQUE  
CHAVARRIA  
VIDAL (FIRMA)

Firmado digitalmente  
por ADRIAN ENRIQUE  
CHAVARRIA VIDAL  
(FIRMA)  
Fecha: 2021.11.18  
11:32:40 -06'00'

ASESOR (A) DE LA ESCUELA



ESTUDIANTE

## **Dedicatoria**

*A mis padres Flor Marín Vargas y Carlos Eduardo Núñez Mata por todo el apoyo incondicional, para alcanzar mis anhelos, gracias por acompañarme en todas las etapas académicas e impulsarme a ser mejor.*

*A mis hermanas Yerlin y Yancy y hermanos Cristhian y Keyner, pilares fundamentales en mi vida. Y a mi círculo familiar más cercano.*

## **Agradecimientos**

*Primeramente, a Dios por darme la sabiduría y las fuerzas para poder sacar adelante mis estudios y por permitirme concluir una etapa más en la vida. A mis padres por todo el sacrificio que hicieron durante estos años, por acompañarme en este camino y estar para mí siempre. A mi familia por las palabras de motivación, su apoyo y su acompañamiento durante este tiempo. A los profesores y personal administrativo de la Escuela de Ingeniería Agrícola.*

*A mis amigos de agrícola y de toda la vida por su apoyo durante todo este tiempo. A don Kidier Obando Serrano de la Municipalidad de Alvarado por su ayuda para el desarrollo de este proyecto. Y a los que de una u otra forma me ayudaron.*

*Muchas gracias.*

## Índice de contenidos

Índice de contenidos .....	x
Índice de cuadros .....	xiii
Índice de figuras .....	xiv
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT.....	iv
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Objetivos.....	3
1.1.1.    Objetivo general.....	3
1.1.2.    Objetivos específicos .....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. Aspectos generales .....	6
2.2. Elementos de un acueducto .....	8
2.2.1. Fuentes de abastecimiento.....	8
2.2.2. Captación de agua superficial o subterránea.....	9
2.2.3. Conducción .....	10
2.2.4. Tanque de almacenamiento.....	12
2.2.5. Sistema de potabilización.....	14
2.2.6. Redes de distribución .....	15
2.2.7. Estación de bombeo .....	16
2.3. Población de diseño.....	19
2.3.1. Población actual .....	19
2.3.2. Población futura .....	21
2.4. Dotaciones .....	22
2.5. Periodos de diseño.....	22
2.5.1. Obras de captación y toma .....	23
2.5.2. Tubería de aducción .....	23
2.5.3. Planta potabilizadora.....	23
2.5.4. Tanque de almacenamiento.....	24
2.5.5. Tubería de conducción .....	24
2.5.6. Tubería de distribución .....	24
2.5.7. Estaciones de bombeo .....	24
2.6. Factores de diseño de una línea de conducción.....	24

2.6.1. Obra de captación.....	24
2.6.2. Caudal de diseño .....	28
2.6.3. Tuberías.....	29
2.6.4. Filtros .....	33
2.6.5. Macromedidores.....	35
2.6.6. Tipos de válvulas y sus funciones.....	35
2.7. Epanet.....	39
2.8. Análisis de impacto ambiental.....	40
2.8.1. Método de arboleda.....	40
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>44</b>
3.1. Etapa 1: Situación actual .....	46
3.1.1. Visita de campo.....	46
3.1.2. Recopilación de información .....	46
3.1.3. Levantamiento topográfico .....	46
3.2. Etapa 2: Población en estudio.....	47
3.2.1. Información población actual.....	47
3.2.2. Población futura .....	48
3.3. Etapa 3: Consumo de agua potable .....	49
3.3.1. Consumo futuro.....	49
3.3.2. Caudal de diseño .....	50
3.4. Etapa 4: Fuente de abastecimiento .....	51
3.4.1. Obra de captación.....	51
3.5. Etapa 5: Diseño hidráulico y modelación.....	54
3.5.1. Diseño hidráulico .....	54
3.5.2. Modelación mediante Epanet.....	59
3.6. Etapa 6: Almacenamiento y desinfección .....	59
3.6.1. Evaluación del tanque de almacenamiento .....	59
3.6.2. Evaluación del sistema de potabilización .....	61
3.7. Etapa 7: Análisis de impacto ambiental y social y presupuesto para los materiales de construcción.....	61
3.7.1. Análisis del impacto ambiental .....	61
3.7.2. Análisis de impacto social.....	62
3.7.3. Análisis del presupuesto para los materiales del sistema de conducción.....	62

IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	63
4.1. Etapa 1: Situación actual .....	64
4.1.1. Visita de campo.....	64
4.1.2. Recopilación de información .....	65
4.1.3. Levantamiento topográfico .....	66
4.2. Etapa 2: Población en estudio.....	67
4.3. Etapa 3: Consumo de agua potable .....	70
4.4. Etapa 4: Fuente de abastecimiento .....	71
4.5. Etapa 5: Diseño hidráulico y modelación.....	84
4.5.1. Diseño hidráulico .....	84
4.5.2. Modelación mediante Epanet.....	94
4.6. Etapa 6: Sistema de almacenamiento y desinfección .....	95
4.6.1. Tanque de almacenamiento.....	95
4.6.2. Sistema de potabilización.....	98
4.7. Etapa 7: Análisis del impacto ambiental, social y del presupuesto para los materiales de construcción.....	100
4.7.1. Análisis de impacto ambiental .....	100
4.7.2. Análisis de impacto social.....	103
4.7.3. Análisis del presupuesto para los materiales de construcción .....	105
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	114
5.1. Conclusiones.....	115
5.2. Recomendaciones .....	116
VI. BIBLIOGRAFÍA .....	117
VII. ANEXOS.....	121

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Concentraciones adecuadas de cloro residual .....	15
Cuadro 2. Cálculo de Servicios Equivalentes según tipo de actividad a desarrollar .....	20
Cuadro 3. Especificaciones de tubería PVC .....	31
Cuadro 4. Rangos de clasificación para la importancia de los impactos ambientales .....	43
Cuadro 5. Información de distintos elementos de interés en el proyecto .....	46
Cuadro 6. Información de elementos importantes en la zona de estudio (Fuente propia).....	65
Cuadro 7. Totalidad de servicios de la comunidad La Enseñanza con abastecimiento de agua potable (Fuente propia).....	67
Cuadro 8. Total de habitantes equivalentes en la comunidad La Enseñanza. ....	68
Cuadro 9. Población de diseño definida a partir de los métodos de crecimiento geométrico y exponencial .....	69
Cuadro 10. Consumo hídrico futuro de la población de La Enseñanza.....	70
Cuadro 11. Caudal de diseño del sistema de conducción .....	71
Cuadro 12. Datos de diseño del canal en la fuente de abastecimiento .....	73
Cuadro 13. Diámetro de tubería de entrada a la cámara húmeda de la captación. ....	76
Cuadro 14. Número de orificios de entrada a la cámara húmeda .....	77
Cuadro 15. Dimensión de la pantalla frontal y el largo de la cámara húmeda de la captación	78
Cuadro 16. Altura total de la cámara húmeda de la obra de captación.....	78
Cuadro 17. Diámetro de la tubería de limpieza y rebose de agua.....	80
Cuadro 18. Información obtenida mediante el diseño hidráulico en 9 puntos del levantamiento topográfico .....	85
Cuadro 19. Especificaciones de la tubería .....	86
Cuadro 20. Volumen total del tanque de almacenamiento adecuado para La Enseñanza.....	97
Cuadro 21. Acciones susceptibles evaluadas a través de la matriz de arboleda .....	101
Cuadro 22. Evaluación del impacto ambiental generado por las actividades a desarrollar ...	102
Cuadro 23. Medida de mitigación para el impacto ambiental severo generado .....	103
Cuadro 24. Servicios existentes que se verán beneficiados con la implementación del sistema de conducción .....	104
Cuadro 25. Precio de los materiales de construcción del canal en la captación .....	105
Cuadro 26. Precios de los materiales de construcción de la cámara húmeda y seca .....	107
Cuadro 27. Cantidad de tubería determinada a partir de cada tipo de cédula.....	108
Cuadro 28. Cantidad de accesorios de conexión .....	109
Cuadro 29. Cantidad y especificaciones de los accesorios de protección para la línea de conducción .....	110
Cuadro 30. Precios de los materiales asociados a la construcción de la estructura de soporte para el paso de la tubería.....	112

## Índice de figuras

Figura 1. Esquema general de un sistema de acueducto.....	8
Figura 2. Posición de los tanques de almacenamiento.....	12
Figura 3. Métodos disponibles para desinfección de agua .....	14
Figura 4. Bombas centrífugas horizontales.....	18
Figura 5. Obra de captación tipo manantial.....	25
Figura 6. Partes de una obra de captación en manantiales de ladera.....	26
Figura 7. Distribución de los orificios de entrada a la obra de captación.....	27
Figura 8. Partes de una obra de captación en manantiales de fondo .....	27
Figura 9. Coeficientes Hazen-Williams para diferentes materiales.....	29
Figura 10 . Carga estática y carga dinámica en una línea de conducción.....	32
Figura 11. Metodología a seguir para el desarrollo del proyecto (Fuente propia).....	45
Figura 12. Zona de estudio y ubicación de elementos importantes.....	64
Figura 13. Levantamiento topográfico de la línea de conducción.....	66
Figura 14. Naciente El Salto: Fuente de abastecimiento del proyecto ( Fecha:04/08/2021)....	72
Figura 15. Afloramiento de reserva para el afluente en la naciente El Salto ( Fecha:04/08/2021) .....	74
Figura 16. Diseño del canal en la fuente de abastecimiento.....	75
Figura 17. Plano constructivo de la cámara húmeda en la captación de la naciente El Salto	81
Figura 18. Plano constructivo de la cámara seca de la captación .....	82
Figura 19. Vista general de la obra de captación.....	83
Figura 20. Sitio para la construcción de la obra de captación ( Fecha: 04/08/2021).....	84
Figura 21. Distribución de la tubería de PVC según cédula.....	87
Figura 22. Perfil de la tubería en el terreno .....	88
Figura 23. Ubicación de las válvulas en la zona de estudio .....	91
Figura 24. Plano constructivo del soporte de la tubería en el paso del afluente natural.....	92
Figura 25. Vista en planta del recorrido de la tubería.....	93
Figura 26. Modelación de la conducción en La Enseñanza.....	94
Figura 27. Tanques de almacenamiento en desuso en La Enseñanza ( Fecha: 04/08/2021) ....	95
Figura 28. Tanque de almacenamiento en uso en La Enseñanza ( Fecha: 04/08/2021).....	96
Figura 29. Estructura de protección del sistema de potabilización por cloración ( Fecha: 06/08/2021).....	99

## **RESUMEN**

Los efectos climáticos y sísmicos en el cantón de Alvarado sobre el servicio de agua potable han provocado la necesidad de buscar nuevas fuentes hídricas para abastecer a la población, por tanto, se propone el diseño de un sistema de conducción para abastecer a la comunidad de La Enseñanza. El diseño se realizó a partir de la demanda hídrica de la comunidad, establecida en 7,6 l/s para una población de diseño de 2725 personas, abastecida mediante el manantial el Salto. Se diseñó una captación que consta de tres partes: un canal, una cámara húmeda y una cámara seca, todo esto permite que el agua sea almacenada y transportada a la tubería diseñada. La línea de conducción se diseñó mediante tubería de PVC de diámetro comercial de 75 milímetros con cédulas de SDR 32,5 y 26 en diferentes tramos aprovechando la gravedad que ofrece el sitio. Además, cuenta con distintos accesorios de conexión y protección. Así mismo, se determinó que el actual sistema de almacenamiento tiene un déficit de 140 m<sup>3</sup> y que el valor total de implementación del sistema de conducción es de 13.761.000 colones. El diseño se respalda de acuerdo con la normativa técnica establecida por el AyA.

Palabras claves: Almacenamiento, captación, conducción, tubería

## **ABSTRACT**

The climatic and seismic effects in the canton of Alvarado on the drinking water service, have caused the need to search for new sources of water to supply the population, therefore, the design of a conduction system is proposed to supply the community of La Enseñanza. The design was made based on the community's water demand established at 7,6 l / s for a design population of 2725 people, supplied by the El Salto spring. A catchment consisting of three parts was designed: a channel, a humid chamber, and a dry chamber, all this allows the water to be stored and transported to the designed pipe. The conduction was designed using 75 mm nominal diameter PVC pipe with SDR 32,5 and 26 schedules in different sections, taking advantage of the gravity offered by the site. In addition, the conduction system has various connection and protection accessories. Likewise, the study determines that the current storage system has a deficit of 140 m<sup>3</sup> and that the total value of the implementation of the conduction system is 13.761.000 colones. The design is supported in accordance with the technical regulations established by the AyA.

Keywords: storage, catchment, conduction, pipeline

# **I. INTRODUCCIÓN**

Actualmente, el cantón de Alvarado cuenta con un “84% de potabilización de agua y ese mismo porcentaje representa la población que cuenta con un sistema de cloración” (Mora & Portuguez, 2020), sin embargo, este servicio es afectado debido a los eventos naturales presentes en la zona como deslizamientos por exceso de lluvias y los sismos. El cantón de Alvarado presenta un riesgo de sismicidad “moderado prácticamente en la totalidad del cantón, un (82,6% de la superficie cantonal), a excepción del extremo sur en el que es bajo (13,3%) y unas pequeñas áreas en el extremo oeste en donde es alto (4%)” (Municipalidad Alvarado, 2021a), estos eventos sísmicos pueden afectar a las redes de acueductos presentes en el Cantón de Alvarado.

Uno de los eventos sísmicos que tuvo mayor impacto específicamente en el distrito de Capellades, fue el sismo que se reportó el “30 de noviembre del 2016 de magnitud Mw 5,5”(Linkimer & Soto, 2016) el cual ocasionó serios daños en la infraestructura que “trasiega el agua desde la naciente de Coliblanco hasta los pueblos de Coliblanco, Santa Teresa, Bajos de Abarca, Capellades Centro y la Enseñanza” (Municipalidad Alvarado, 2021b) lo cual provocó fallas en todo el servicio.

Desde ese acontecimiento la municipalidad de Alvarado ha priorizado proyectos para el diagnóstico del sistema existente y análisis de posibles fuentes de abastecimiento que logren satisfacer ciertos puntos del distrito de Capellades y así poder independizarlos de la red actual que abastece al distrito.

Es por esta razón que el departamento de acueducto de la municipalidad de Alvarado solicita realizar el análisis de la naciente El Salto, para lograr abastecer a la Enseñanza y así independizar esta comunidad de la red de abastecimiento que proviene de la naciente Coliblanco. Esto con el fin de poder reducir el impacto provocado por eventos naturales en la red actual del distrito, ya que se contaría con dos fuentes de abastecimiento para distribuir el agua a la población.

Como se menciona el Barrio la Enseñanza cuenta con la existencia del sistema de distribución de agua potable, por lo que, este proyecto se basa en desarrollar el sistema de

conducción desde la naciente El Salto hasta un conjunto de tanques de almacenamiento cerca de Capellades centro.

En la redacción de la revisión de literatura de este documento se hará uso reiterado de información perteneciente a la Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial del Instituto costarricense de Acueductos y Alcantarillados, debido a que en esta norma se detallan las pautas de diseño e información importante para un adecuado desarrollo de un sistema de acueducto.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo general**

Diseñar un sistema de conducción para el abastecimiento de agua potable mediante el análisis hidráulico y topográfico para la comunidad La Enseñanza, en el distrito de Capellades del Cantón de Alvarado, Cartago.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- a. Determinar la demanda hídrica esperada en la zona de estudio para la obtención del caudal de diseño mediante un análisis poblacional y de consumo
- b. Diseñar el sistema de captación y conducción para satisfacer las necesidades de agua potable en la comunidad La Enseñanza mediante herramientas y modelaciones hidráulicas
- c. Evaluar la capacidad de almacenamiento de los tanques actuales y el sistema de potabilización para identificar si satisfacen el volumen requerido de almacenamiento y el agua potabilizada mediante lo establecido en la Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable de saneamiento y pluvial del AyA en la zona de estudio

- d. Analizar el impacto ambiental, social y el presupuesto para los materiales mediante el análisis de los resultados obtenidos en cada etapa para el planteamiento de los lineamientos finales para la implementación de este proyecto en la comunidad La Enseñanza

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

## 2.1. Aspectos generales

El agua potable se define como el “agua tratada que cumple con los valores recomendables o máximos establecidos, para diferentes parámetros, entre ellos: estéticos, organolépticos, físicos, químicos, biológicos y microbiológicos y que al ser consumida por la población no causa daño a la salud” (AyA, 2016). Además, según UNESCO (2019) el agua potable y el saneamiento están reconocidos como derechos humanos fundamentales, ya que, son indispensables para asegurar el sustento saludable de los hogares y fundamentales para mantener la dignidad de todos los seres humanos.

Costa Rica es un país que cuenta con una alta accesibilidad de agua potable para la población, se considera que “un 97,8 % de la población está cubierta con agua intradomiciliar (4 946 095 habitantes) y un 93,0 % (4 705 629 habitantes) con agua gestionada de forma segura; no obstante, el 1,8 % de la población (92 253 habitantes) recibe servicio con tubería en el patio, y aún persiste un 0,4 % (21 382 habitantes) que no tienen servicio y se abastecen directamente de pozos y nacientes artesanales” (Mora & Portugal, 2020).

En Costa Rica “la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario le corresponde al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillado (AyA), como ente operador encargado de brindar servicios de distribución de agua a la población, así como de canalizar las aguas negras, domésticas e industriales, mediante el sistema de alcantarillado sanitario” (OPS, 2004c). En el país se cuenta con un ente subsector de agua potable y saneamiento (SAPS) que no está formalmente constituido pero está integrado por “el AyA en su carácter de rector del agua potable y del alcantarillado sanitario y a su vez operador de sistemas; otros operadores de sistemas son: la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH S.A.), las municipalidades, los comités administradores de acueductos rurales (CAARs) y las asociaciones administradoras de acueductos y alcantarillados rurales (ASADAS) y algunas organizaciones privadas menores que operan acueductos o sistemas individuales (en general pozos excavados o nacientes)” (OPS, 2004c).

Las municipalidades como entes operadores de sistemas de acueductos tienen “a su cargo la administración plena de los sistemas de abastecimiento de agua potable que tradicionalmente han tenido. Por disposición de la Ley Constitutiva de AyA, las municipalidades que estuvieran administrando y operando sistemas en el momento de crearse el AyA, podían continuar a cargo de estos sistemas siempre y cuando mantuvieran un servicio eficiente, con excepción de los acueductos ubicados en el Área Metropolitana que deberán ser administrados en forma exclusiva por el AyA” (OPS, 2004c). Es por esto que las municipalidades controlan servicios de abastecimiento de agua potable siguiendo las pautas emitidas por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) .

El sistema de acueducto es el “conjunto de fuentes de recurso hídrico y de la infraestructura y equipamiento para su captación, potabilización y distribución, lo cual incluye: plantas potabilizadoras, tanques de almacenamiento, líneas de aducción y conducción, estaciones de bombeo, pozos, redes distribución, hidrantes, hidrómetros y demás elementos necesarios para el suministro de agua potable a un núcleo de población” (AyA, 2017). En la Figura 1 se observa la distribución general de un sistema de acueducto.

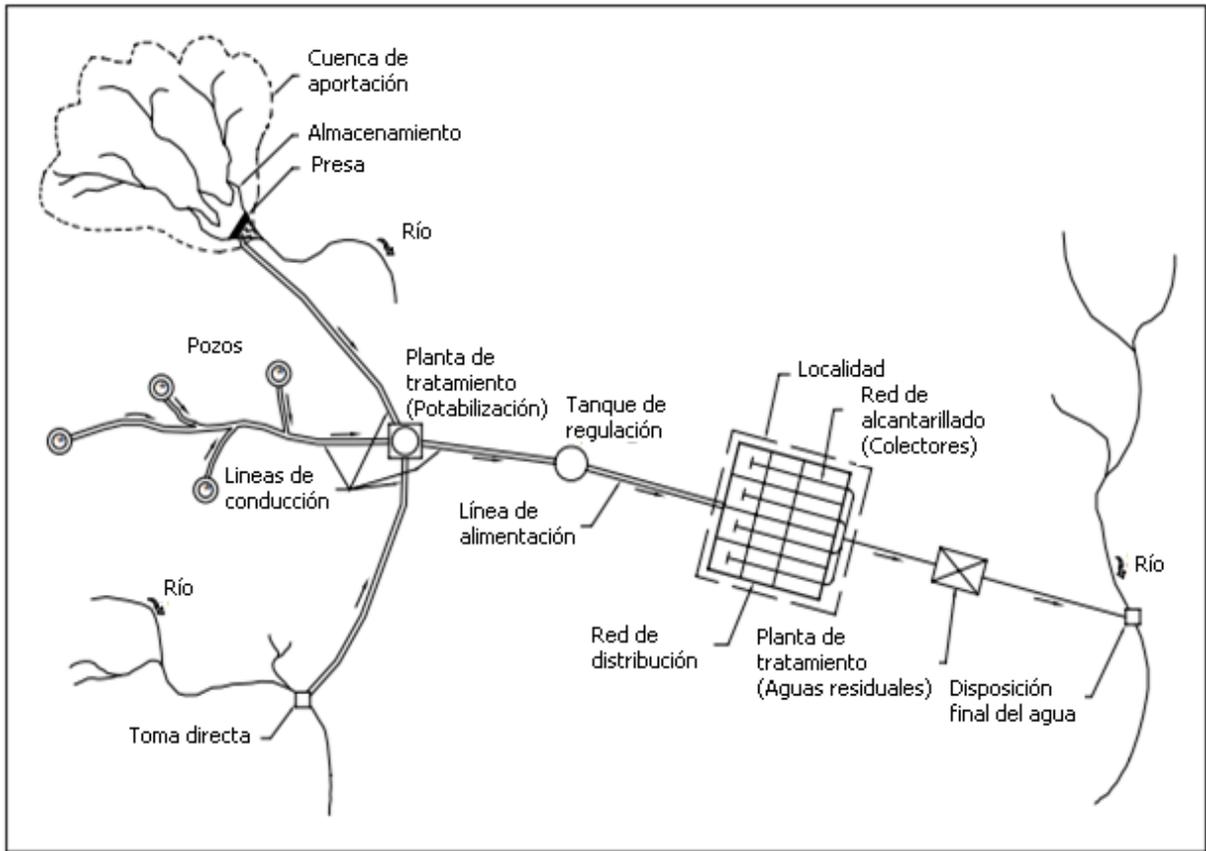


Figura 1. Esquema general de un sistema de acueducto

Fuente: (CONAGUA, 2007c)

## 2.2. Elementos de un acueducto

### 2.2.1. Fuentes de abastecimiento

Constituye el “espacio natural desde el cual se derivan los caudales demandados por la población a ser abastecida, deben ser básicamente permanentes y suficientes” (AyA, 2016). Además, en Costa Rica las fuentes de abastecimiento son las “aguas de dominio público definidas en el Artículo 1 de la Ley de Aguas” (Orozco, 2019).

Las fuentes de abastecimiento se pueden dividir en 2 tipos:

- a. Aguas superficiales: son las aguas que escurren libremente sobre la superficie terrestre, sean ríos, quebradas o canales artificiales; también puede derivarse agua superficial de embalses y lagos (Orozco, 2019)

Las aguas superficiales para ser consideradas como fuente para abastecimiento público deben cumplir con las siguientes condiciones: “un caudal suficiente; calidad natural aceptable o adecuada para tratamiento; debe existir la posibilidad de trazar una ruta adecuada para las tuberías de conducción; el sitio de captación debe tener una elevación adecuada para facilitar la distribución por gravedad; debe tener pocas concesiones ya otorgadas; poca vulnerabilidad y debe existir la posibilidad de construcción de una represa” (Blanco & Morera, 2013)

- b. Aguas subterráneas: es aquella situada bajo el nivel freático y que está saturando completamente los poros y fisuras del terreno. Esta agua fluye a la superficie de forma natural a través de manantiales, áreas de rezume, cauces fluviales, o bien directamente al mar . Puede también dirigirse artificialmente a pozos, galerías y otros tipos de captaciones (López et al., 2009)

Los acuíferos para ser utilizados como fuente de abastecimiento público deben tener la capacidad de “dotar un volumen significativo de agua para poder abastecer a una población; sus aguas deben ser adecuadas para consumo directo y si se va a explotar por medio de la captación de manantiales, estos deben tener una elevación adecuada” (Blanco & Morera, 2013)

### **2.2.2. Captación de agua superficial o subterránea**

La captación es un “conjunto de infraestructuras, equipamiento y demás elementos necesarios para obtener el agua de una fuente de abastecimiento superficial o subterránea para un sistema de agua potable” (AyA, 2017). Los tipos de captación son esencialmente diferentes

dependiendo del recurso que se desee captar ya sean las aguas de ríos, manantiales, lagos, embalses, pozos profundos o someros (Cordero, 2014).

Las obras de captación para abastecimiento de agua que se realizan en ríos y manantiales, deben de cumplir ciertos criterios de localización, según Corcho & Duque (2005) se definen los siguientes:

- a. El caudal del río o manantial debe ser bastante mayor que el caudal de diseño y la profundidad del río no debe ser menor de un cierto valor mínimo
- b. Debe presentar un cauce estable y tener firmeza en sus orillas, con el fin de que no existan derrumbes, sedimentos o erosiones que puedan inferir en el comportamiento óptimo de la estructura de captación
- c. Se debe prever una carga suficiente para mover el agua hasta el sitio de las bombas; o bien, que se produzca el flujo por gravedad y el gasto estimado en el diseño
- d. Cuando se trata de manantiales y quebradas en general es suficiente interponer una pequeña presa denominada toma dique, provista de drenaje, rebose y bocatoma. La bocatoma correspondiente debe estar a una cierta altura sobre la base del dique para evitar la entrada de arenas y debe estar cubierta por una rejilla protectora
- e. Cuando se trata de una captación mediante una estación de bombeo, ésta se debe localizar en lo posible en un tramo recto del cauce del río o la quebrada, y sobre suelo estable con muy pocos riesgos de inundación

### **2.2.3. Conducción**

Las líneas de conducción tienen la finalidad de transportar el agua desde el punto de captación hasta un reservorio, este transporte se puede realizar mediante los siguientes tipos de conducción:

- a. Conducción por bombeo: es necesaria cuando se requiere adicionar energía para lograr transportar el agua hacia un sitio de almacenamiento, concretamente, “si la fuente de

abastecimiento se encuentra a un nivel topográfico abajo del tanque de regularización, la conducción se realiza por bombeo” (Prudencio, 2015)

- b. Conducción por gravedad: una conducción por gravedad se “requiere cuando la fuente de abastecimiento tiene una altura piezométrica mayor a la requerida en el punto de entrega, es decir, se encuentra en un nivel superior al del tanque de regulación o la red de distribución” (Prudencio, 2015)
- c. Conducción combinada (Bombeo-gravedad): si la topografía del terreno obliga al trazo de la conducción a cruzar por partes con mayor elevación que la superficie del agua en el tanque de regularización, conviene analizar la colocación de un tanque intermedio. La instalación de dicho tanque ocasiona que se forme una conducción por bombeo-gravedad, donde la primera parte es por bombeo y la segunda por gravedad (CONAGUA, s. f.)

Para implementar una línea de conducción segura, se deben seguir los siguientes aspectos según OPS (2004a):

- a. Evitar pendientes mayores del 30% para evitar velocidades excesivas
- b. En lo posible buscar el menor recorrido siempre y cuando esto no conlleve a excavaciones excesivas u otros aspectos
- c. Evitar cruzar por terrenos privados o comprometidos para evitar problemas durante la construcción y en la operación y mantenimiento del sistema
- d. Mantener las distancias permisibles de vertederos sanitarios, márgenes de ríos, terrenos aluviales, nivel freático alto, cementerios y otros servicios
- e. Utilizar zonas que sigan o mantengan distancias cortas a vías existentes o que por su topografía permita la creación de caminos para la ejecución, operación y mantenimiento
- f. Evitar zonas vulnerables a efectos producidos por fenómenos naturales y antrópicos
- g. Tener en cuenta la ubicación de las canteras para los préstamos y zonas para la disposición del material sobrante, producto de la excavación

h) Establecer los puntos donde se ubicarán instalaciones, válvulas y accesorios, u otros accesorios especiales que necesiten cuidados, vigilancia y operación

Las líneas de conducción cuentan con diversos componentes, entre ellos, están las piezas especiales como juntas, carretes, codos, reducciones, coples, tees y cruces, entre los elementos principales se encuentra la tubería, las válvulas, filtros y macromedidores.

#### 2.2.4. Tanque de almacenamiento

Es un depósito situado generalmente entre la captación y la red de distribución que tiene por objeto almacenar el agua proveniente de la fuente. El almacenamiento permite regular la distribución o simplemente prever fallas en el suministro, aunque algunos tanques suelen realizar ambas funciones (CONAGUA, s. f.). De acuerdo con su posición relativa al terreno, éste tipo de depósitos pueden clasificarse como enterrados, superficiales y elevados (Ramírez, 2016), como se muestra en la Figura 2.

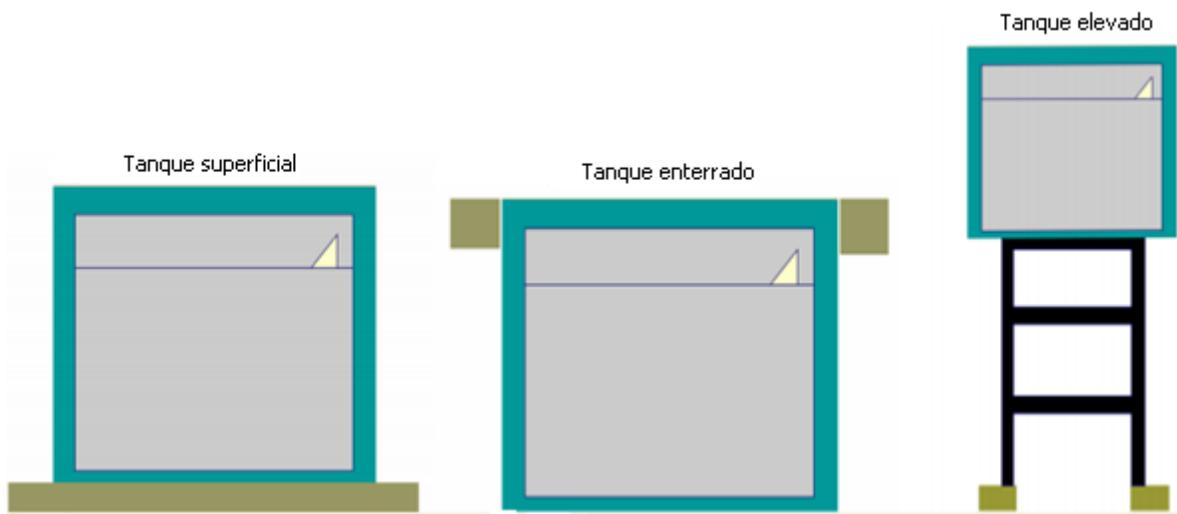


Figura 2. Posición de los tanques de almacenamiento.

Fuente: (Ramírez, 2016)

Para dimensionar correctamente la capacidad de almacenamiento requerida para suministrar el recurso hídrico a una población, el tanque debe tener al menos la capacidad para “a) compensar las fluctuaciones horarias de la demanda, b) combatir incendios cuando el diseño propuesto así lo contemple y c) reserva por interrupciones” (AyA, 2017). Además de contemplar los volúmenes anteriores, los tanques deben seguir las siguientes disposiciones según Ramírez (2016):

- a. Tapa de entrada mínima de 60 cm con el fin de tener acceso al interior del tanque para las labores de inspección y mantenimiento
- b. Escalera de fácil acceso
- c. Borde libre para mantener aire al incluir válvulas de entrada y salida de aire
- d. Válvulas para controlar la entrada de agua y evitar y controlar los reboses

#### **2.2.4.1. Volumen de regulación del consumo**

Es el volumen requerido para compensar las fluctuaciones horarias del consumo. Debe ser determinado para cada caso en particular, utilizando curvas de consumo reales, en caso de no disponer la información anterior y si el caudal que alimenta el tanque es constante e igual al caudal promedio requerido por la zona abastecida por el depósito, se aplicará un volumen equivalente al 14% del volumen promedio diario (AyA, 2017).

#### **2.2.4.2. Volumen de reserva para incendios**

Este volumen corresponde a la cantidad de agua necesaria para suministrar el caudal de incendio (AyA, 2017). Generalmente, el volumen contra incendios está a la disposición esencialmente de los hidrantes, en Costa Rica se exige que “la conexión entre el hidrante y la red de tubería de agua potable no deberá, bajo ninguna circunstancia, contar con reducciones que restrinjan el diámetro nominal libre a menos de 150 mm” (Benemérito Cuerpo de Bomberos, 2013), sin embargo, en los lugares donde se cuente con una red de acueductos pública en zonas rurales, que no cuente con el diámetro o características mínimas necesarias para el

abastecimiento de los hidrantes, se permitirá la implementación de tanques de reserva con 15 m<sup>3</sup> o 30 m<sup>3</sup> dependiendo del área de construcción y la distancia existente entre edificaciones” (Benemérito Cuerpo de Bomberos, 2013).

### 2.2.4.3. Volumen de reserva por interrupciones

Es el volumen de reserva por interrupciones en la prestación del servicio, que debe ser como mínimo el volumen correspondiente a un período de cuatro horas del caudal promedio diario (AyA, 2017).

### 2.2.5. Sistema de potabilización

Los sistemas de potabilización tienen como objetivo la desinfección del agua con el fin de “disminuir el riesgo de infección de las enfermedades transmitidas por ella, mediante la destrucción de los organismos patógenos que están presentes en las fuentes de abastecimiento, existen diversas formas de desinfección para el caso de Costa Rica los administrados por AyA y en acueductos rurales, las más utilizada es el cloro en estado líquido, gaseoso y granular” (Marín, 2007). Los métodos de desinfección más comunes se muestran en la Figura 3.

Físicos		Químicos		
Ultrafiltración		Cloro	Gas	
Ultrasonido			Hipoclorito	○ Sodio ○ Calcio
Ósmosis inversa			Dióxido de cloro Cloraminas	
Electroforético		Permanganato de potasio		
Ebullición		Yodo		
Congelación		Bromo		
Radiación ionizante	○ Gamma	Ozono		
	○ Ultravioleta	Peróxido de hidrógeno		
		Plata		

Figura 3. Métodos disponibles para desinfección de agua

Fuente: (OPS, 2007)

El sistema de cloración es el más utilizado por el Instituto de Acueductos y Alcantarillados, sin embargo, para ser implementado se debe cumplir con ciertas concentraciones para determinar la dosis de cloro a aplicar al agua para ser potabilizada, estos datos se presentan en el Cuadro 1.

*Cuadro 1. Concentraciones adecuadas de cloro residual*

<b>Valor de pH</b>	<b>Cloro residual libre(mg/l) Tiempo mínimo de contacto de 20 minutos</b>	<b>Cloro residual combinado (mg/l) Tiempo mínimo de contacto de 60 minutos</b>
6,0-7,0	0,3	1,0
7,1-8,0	0,5	1,5
8,1-9,0	0,6	1,8

Fuente: (Reglamento para la Calidad del Agua Potable, 2005)

Para instalar un sistema de desinfección se deben de tomar aspectos como “capacidad económica para asumir los costos de operación y mantenimiento; capacidad técnica que asegure el correcto uso y mantenimiento de los sistemas a instalar; la infraestructura disponible y la disponibilidad de transporte” (Marín, 2007).

### **2.2.6. Redes de distribución**

Una red de distribución “es el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde tanques de servicio o de distribución hasta las tomas domiciliarias o hidrantes públicos. Su finalidad es proporcionar agua a los usuarios para consumo doméstico, público, comercial, industrial y para condiciones extraordinarias como el extinguir incendios” (CONAGUA, 2007c).

Se pueden dividir en dos tipos de redes:

- a. Red abierta o ramificada: Se caracteriza por contar con una tubería principal de distribución desde la cual parten ramales que terminarán en puntos ciegos, es decir, sin interconexiones con otras tuberías en la misma red de distribución de agua potable, la tubería principal es de mayor diámetro que la tubería de sus ramales (Ramírez, 2016)
- b. Red cerrada o malla: es aquella en la cual los conductos o tuberías que la componen se ramifican sucesivamente, conformando circuitos o anillos cerrados, se alimentan desde uno o varios suministros y conducen el agua entre ellos o desde ellos, y los nudos y extremos finales por más de un recorrido posible (Ramírez, 2016)

### **2.2.7. Estación de bombeo**

Las estaciones de bombeo son “un conjunto de estructuras civiles, equipos, tuberías y accesorios, que toman el agua directa o indirectamente de la fuente de abastecimiento y la impulsan a un reservorio de almacenamiento o directamente a la red de distribución” (OPS, 2005).

Para diseñar una estación de bombeo se deben conocer previamente los siguientes aspectos según OPS (2005):

- a. Fuente de abastecimiento de agua: superficial (cisterna de agua) o subterránea (pozo perforado)
- b. Lugar a donde se impulsará el agua: reservorio de almacenamiento o la red de distribución
- c. Consumo de agua potable de la población y sus variaciones
- d. Población beneficiada por el proyecto: actual y futura
- e. Características geológicas y tipo de suelo del área de emplazamiento de la cámara de bombeo
- f. Nivel de conocimiento de la población que operará el sistema

Según OPS (2005) una estación de bombeo puede contener los siguientes componentes caseta de bombeo, cisterna de bombeo, equipo de bombeo, grupo generador de energía y fuerza motriz, tubería de succión, tubería de impulsión, válvulas de regulación y control, equipos para cloración, interruptores de máximo y mínimo nivel, tableros de protección y control eléctrico, sistema de ventilación, natural o mediante equipos, área para el personal de operación y cerco de protección para la caseta de bombeo.

### **2.2.7.1. Bombas**

Existen diversos tipos de bombas, éstas se clasifican según SIAPA (2014) mediante los siguientes aspectos:

- a. Clasificación de las bombas por el tipo de succión: simple succión y doble succión
- b. Clasificación de las bombas por su dirección de flujo: bombas de flujo radial, bombas de flujo axial y bombas de flujo mixto
- c. Clasificación de las bombas por la posición de su flecha: bombas horizontales, bombas verticales y bombas con motor sumergido

Los tipos de bombas más utilizados son:

- a. Bombas centrífugas horizontales: este tipo de bomba tiene “la ventaja de poder ser instaladas en un lugar distinto de la fuente de abastecimiento, lo cual permite ubicarlas en lugares secos, protegidos de inundaciones, ventilados, de fácil acceso”. Permite ser empleadas en “cisternas, fuentes superficiales y embalses. Por su facilidad de operación y mantenimiento es apropiado para el medio rural. Su bajo costo de operación y mantenimiento es una ventaja adicional” (OPS, 2005). La Figura 4 muestra este tipo de bomba bajo dos tipos de succión.

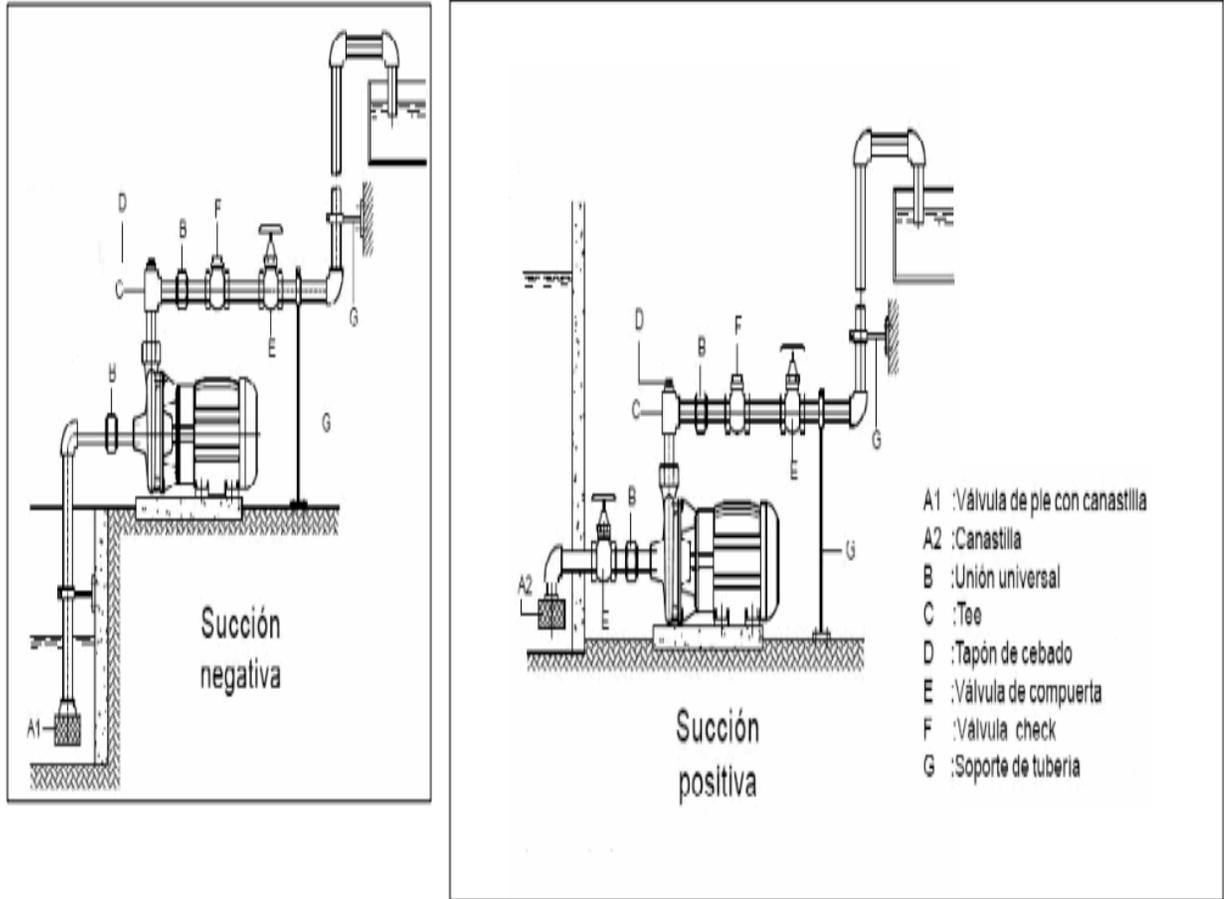


Figura 4. Bombas centrífugas horizontales

Fuente: (OPS, 2005)

- b. Bombas centrífugas verticales: este tipo de bomba debe “ubicarse directamente sobre el punto de captación, por lo cual casi se limita su uso a pozos profundos, además, la ventaja principal de estos equipos es su versatilidad y su capacidad para trabajar en un amplio rango de velocidades. Entre sus desventajas están lo ruidosas que son y la estricta verticalidad que exige a los pozos para su instalación” (OPS, 2005)
- c. Bombas sumergibles: son empleadas casi exclusivamente en “pozos muy profundos, donde tienen ventajas frente al uso de bombas de eje vertical. Estas bombas tienen la desventaja de poseer eficiencias relativamente bajas, por lo cual, aun cuando su costo

puede ser relativamente bajo, el costo de operación es elevado por su alto consumo de energía” (OPS, 2005)

Según OPS (2005) se debe considerar lo siguiente:

- a. Cuando el sistema de abastecimiento de agua incluye reservorio de almacenamiento posterior a la estación de bombeo; la capacidad de la tubería de succión (si corresponde), equipo de bombeo y tubería de impulsión deben ser calculadas con base en el caudal máximo diario y el número de horas de bombeo
- b. Cuando el sistema de abastecimiento de agua no incluye reservorio de almacenamiento posterior a la estación de bombeo, la capacidad del sistema de bombeo debe ser calculada en base al caudal máximo horario y las pérdidas en la red distribución

## **2.3. Población de diseño**

### **2.3.1. Población actual**

La población actual de diseño se debe calcular a partir del número de unidades habitacionales que contempla el proyecto multiplicado por el factor de hacinamiento, este último corresponde al valor que se obtiene del último censo de población del distrito (AyA, 2017).

El cálculo de la población correspondiente a las unidades que no son habitacionales se debe aplicar los siguientes valores equivalentes mostrados en el Cuadro 2.

*Cuadro 2. Cálculo de Servicios Equivalentes según tipo de actividad a desarrollar*

<b>Tipo de actividad del nuevo desarrollo</b>	<b>Unidades de cálculo (UC)</b>	<b>Unidad de consumo equivalente (UCE) o Servicios equivalente (SE)</b>
Hoteles, moteles	Habitación	Un servicio equivalente por cada 3 unidades de cálculo
Escuelas, colegios o centros de educación y capacitación	Estudiante	Un servicio equivalente por cada 25 unidades de cálculo
Bodegas, industrias o centros de acopio, almacenamiento y distribución	Metro cuadrado de área de parcela o predio (incluyendo parques y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas)	Un servicio equivalente por cada 500 unidades de cálculo
Restaurantes, sodas, Bares y similares	Metro cuadrado de área de parcela o predio. (incluyendo parques y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas)	Un servicio equivalente por cada 100 unidades de cálculo
Locales comerciales, centros comerciales, oficinas administrativas y bancarias (industrial, o general)	Metro cuadrado de área de parcela o predio (incluyendo parques y áreas verdes, excluyendo áreas de protección)	Un servicio equivalente por cada 200 unidades de cálculo
Parcelamiento agrícola con frente a calle pública	Metro cuadrado del área de parcela	Un servicio equivalente por cada 500 unidades de cálculo
Parcelamiento agrícola con frente a servidumbre	Metro cuadrado del área de parcela	Un servicio equivalente por cada 5000 unidades de cálculo
Centros de recreación, turísticos o club campestre	Metro cuadrado del área de parcela (incluyendo parques y áreas verdes, excluyendo áreas de protección)	Un servicio equivalente por cada 200 unidades de cálculo

Fuente: (AyA, 2017)

### **2.3.2. Población futura**

La población futura está en función de “tres componentes que provocan cambios en el estado a lo largo del tiempo: nacimientos, defunciones y migración, es decir, a medida que las personas nacen, mueren o se mueven, los números totales de habitantes en un área cambian. Es por tal razón que reiteramos que, en cierto período de tiempo, el tamaño de una población puede crecer, mantenerse constante o disminuir, dependiendo del efecto que estén ejerciendo estos determinantes o componentes de cambio” (Torres, 2011). Debido a lo anterior surge la importancia de la determinación de la población futura a abastecer en un sistema de acueducto.

Se consideran tres modelos básicos para determinar una población futura:

#### **2.3.2.1. Tasa de crecimiento aritmético**

Conocido como tasa de crecimiento lineal, es el más simple de todos, supone que la población tiene un comportamiento lineal y, por ende, la razón de cambio se supone constante donde se incrementa en la misma cantidad cada unidad de tiempo considerada. Es decir, en el modelo aritmético el supuesto básico consiste en que la población crece en un mismo monto (cantidad) cada unidad de tiempo (Torres, 2011).

#### **2.3.2.2. Tasa de crecimiento geométrico**

Conocido como interés compuesto, esta tasa supone un crecimiento porcentual constante en el tiempo. A diferencia del modelo anterior, dicha tasa mantiene constante el porcentaje de crecimiento por unidad de tiempo y no el monto (cantidad) por unidad de tiempo, por tanto, se puede usar para períodos largos (Torres, 2011).

### **2.3.2.3. Tasa de crecimiento exponencial**

A diferencia del modelo geométrico el modelo exponencial supone que el crecimiento se produce en forma continua y no cada unidad de tiempo (Torres, 2011).

## **2.4. Dotaciones**

En un sistema de abastecimiento se debe conocer el consumo de agua que requiere la población para realizar el diseño adecuado del sistema. Según AyA (2017) se deben aplicar las siguientes dotaciones brutas:

- a. Datos de los patrones de consumos y demandas de la localidad en estudio, según datos reales, si los mismos se tienen a disposición del diseñador
- b. Cuando no existan datos reales de los patrones de consumos y demandas de la localidad en estudio, se deben utilizar los siguientes valores mínimos:
  - Poblaciones rurales: 200 l/p/d; en caso de zonas rurales costeras se aplicará la dotación establecida para “Población costera”
  - Poblaciones urbanas: 300 l/p/d
  - Poblaciones costeras: 375 l/p/d
  - Área Metropolitana: 375 l/p/d

## **2.5. Periodos de diseño**

El término de periodo de diseño hace referencia al “intervalo de tiempo en el cual se espera que una obra alcance su nivel de saturación o insuficiencia; este periodo debe ser menor a la vida útil de la misma. Se utiliza para diseñar una obra de ingeniería con una estimación de la capacidad requerida al finalizar el periodo de diseño. Lo anterior se hace para evitar ampliaciones o adecuaciones durante un intervalo de tiempo igual al periodo de diseño de la obra” (CONAGUA, 2007b). Se establecen los siguientes periodos de diseño:

### **2.5.1. Obras de captación y toma**

Para el cálculo del caudal a extraer de una toma de agua en río o quebrada, incluyendo el desarenador y para el del caudal de una captación de nacimiento: de 25 a 50 años; el valor seleccionado dependerá del caudal del cuerpo de agua versus el caudal de diseño al plazo mayor posible según la capacidad del cuerpo de agua en la época de estiaje y las regulaciones que en esta materia estén determinadas en la legislación vigente (AyA, 2017).

### **2.5.2. Tubería de aducción**

Para una tubería por donde fluya agua cruda o agua que únicamente requiere desinfección: de 25 a 50 años; el valor seleccionado debe ser igual al utilizado en la toma o captación (AyA, 2017).

### **2.5.3. Planta potabilizadora**

Tomando en cuenta las tendencias de crecimiento de la población, se pueden elegir diferentes periodos de diseño, el AyA (2017) establece que en función de crecimiento se debe aplicar lo siguiente:

- a. Crecimiento bajo (menos del 3% anual): de 20 a 25 años, dependerá del caudal del cuerpo de agua versus el caudal de diseño al plazo mayor y de las facilidades para ampliar la capacidad de la planta
- b. Crecimiento alto (igual o mayor al 3% anual): de 15 a 20 años, dependerá del caudal del cuerpo de agua versus el caudal de diseño al plazo mayor y de las facilidades para ampliar la capacidad de la planta

#### **2.5.4. Tanque de almacenamiento**

Para los tanques el período es de 25 años, cuando los proyectos no son de desarrollo urbanístico, se debe dejar previsto en el terreno el espacio para construir otro tanque de dimensiones similares (AyA, 2017).

#### **2.5.5. Tubería de conducción**

Para líneas de tubería de conducción de agua tratada, el período es de 25 años (AyA, 2017).

#### **2.5.6. Tubería de distribución**

Para líneas de distribución el período es de 20 años (AyA, 2017).

#### **2.5.7. Estaciones de bombeo**

Para estaciones de bombeo el período es de 20 años. Para bombas y motores el período es de 10 a 15 años. Para equipos de desinfección el período es de 5 años (AyA, 2017).

### **2.6. Factores de diseño de una línea de conducción**

#### **2.6.1. Obra de captación**

##### **2.6.1.1. Captación en manantiales**

El manantial es “un lugar donde se produce el afloramiento natural de agua subterránea. Por lo general el agua fluye a través de una formación de estratos con grava, arena o roca fisurada” (OPS, 2004b).

El diseño hidráulico y dimensionamiento de la captación dependerán de la topografía de la zona, de la textura del suelo y de la clase del manantial; buscando no alterar la calidad y la temperatura del agua ni modificar la corriente y el caudal natural del manantial, ya que cualquier obstrucción puede tener consecuencias fatales; el agua crea otro cauce y el manantial desaparece (OPS, 2004b).

Los manantiales se clasifican por su ubicación y su afloramiento. Por su ubicación son de ladera o de fondo; y por su afloramiento son de tipo concentrado o difuso (OPS, 2004b). Generalmente, el diseño de una obra de captación de manantial se realiza con los elementos que se muestran en la Figura 5.

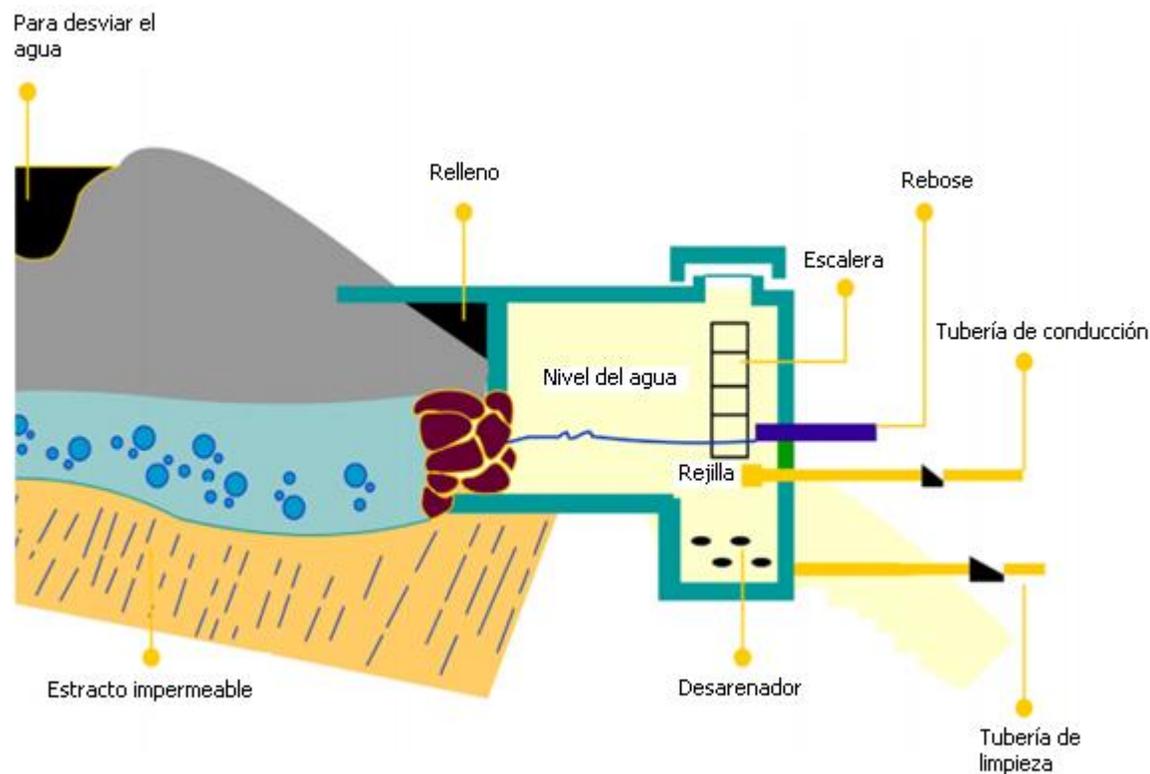


Figura 5. Obra de captación tipo manantial

Fuente: (Ramírez, 2016)

Cuando el manantial es de ladera y concentrado, la captación consta de tres partes: la primera, corresponde a la protección de afloramiento; la segunda, a una cámara húmeda que sirve para almacenar el agua y regular el gasto a utilizarse; y la tercera, a una cámara seca que sirve para proteger a la válvula de salida (OPS, 2004b). Estas partes se pueden observar en la Figura 6.

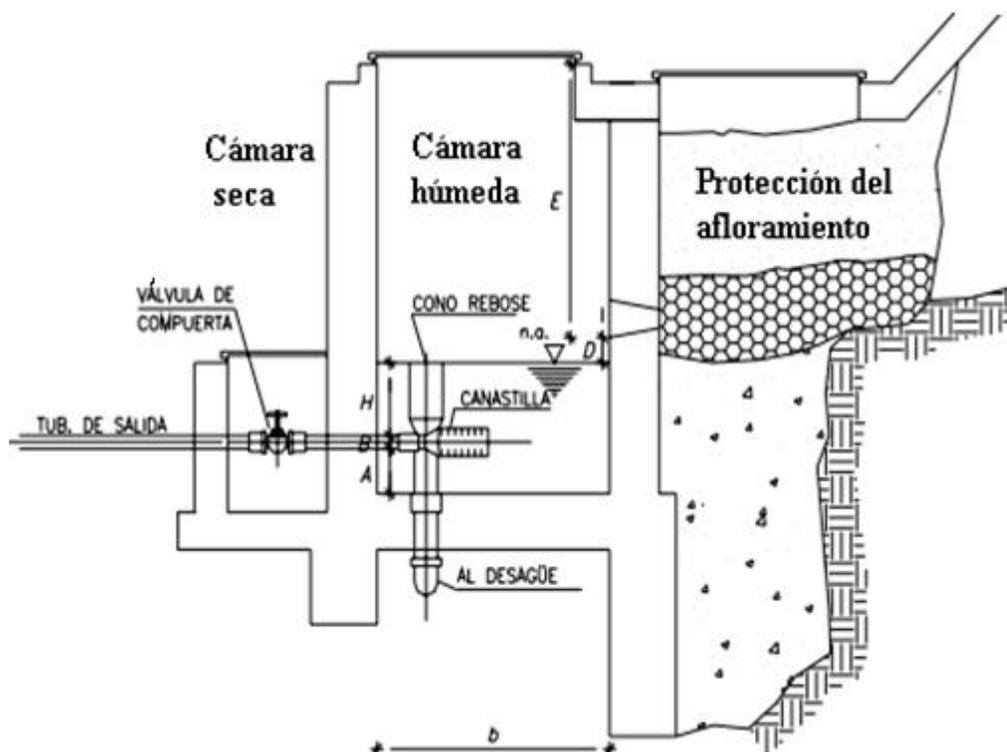


Figura 6. Partes de una obra de captación en manantiales de ladera

Fuente: (OPS, 2004b)

Se considera una altura mínima de 10 cm, que permite la sedimentación de la arena en la cámara húmeda; un desnivel mínimo entre el nivel de ingreso del agua de afloramiento y el nivel de agua de la cámara húmeda de mínimo 5 cm, además, de un borde libre de mínimo 30 cm y una altura mínima de 30 cm sobre la canastilla (OPS, 2004b).

La distribución de los orificios del ingreso de agua en una captación de tipo manantial de ladera, generalmente se hace a partir de la Figura 7.

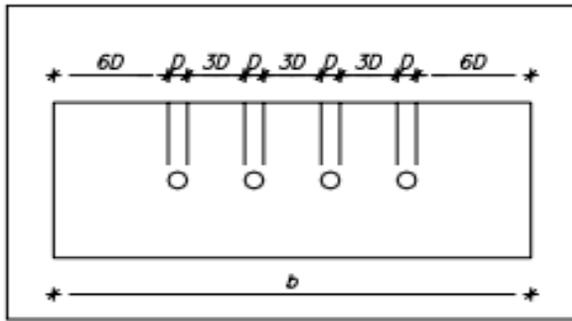


Figura 7. Distribución de los orificios de entrada a la obra de captación

Fuente: (OPS, 2004b)

Si se considera como fuente de agua un manantial de fondo y concentrado, la estructura de captación podrá reducirse a una cámara sin fondo que rodee el punto donde el agua brota. Constará de dos partes: La primera, la cámara húmeda que sirve para almacenar el agua y regular el gasto a utilizarse; la segunda, una cámara seca que sirve para proteger las válvulas de control de salida y desagüe. La cámara húmeda estará provista de una canastilla de salida y tuberías de rebose y limpia (OPS, 2004b). Las partes mencionadas se pueden observar en la Figura 8.

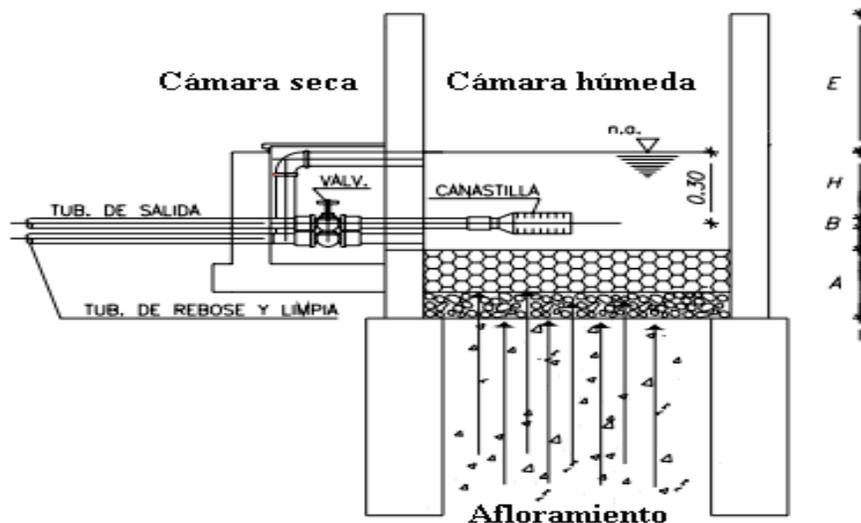


Figura 8. Partes de una obra de captación en manantiales de fondo

Fuente: (OPS, 2004b)

## **2.6.2. Caudal de diseño**

### **2.6.2.1. Factores de demanda**

Al realizar un sistema de abastecimiento se deben aplicar diversos factores dependiendo del caudal a determinar, los factores según AyA (2017) son:

- a. El caudal máximo diario será igual a 1,2 veces el caudal promedio diario, es decir el factor máximo diario (FMD) es 1,2
- b. El caudal máximo horario será igual a 1,80 veces el caudal máximo diario, es decir el factor máximo horario (FMH) es 1,80

### **2.6.2.2. Caudal de incendio**

El caudal de incendio debe ser definido de forma tal que se cumpla con los requerimientos técnicos que establece el Benemérito Cuerpo de Bomberos, de conformidad con lo dispuesto en la Ley N.º 8641 y sus reformas y en el Reglamento a la Ley N.º 8641 vigente y en La Ley N.º 8228 y sus reformas y en el Reglamento a la Ley N.º 8228 vigente (AyA, 2017).

Para el análisis y diseño de las redes de agua en desarrollos compuestos por ramales extendidos no interconectados (redes abiertas), el caudal de incendio de diseño para cada ramal debe considerar el caudal máximo diario acumulado de cada ramal, desde el tanque o del punto de interconexión a la red existente de distribución (AyA, 2017).

### 2.6.2.3. Caudal coincidente

El caudal coincidente se calculará a partir de la suma del caudal máximo diario y el caudal de incendio (AyA, 2017).

### 2.6.3. Tuberías

Las tuberías permiten el transporte del agua desde una fuente de abastecimiento hasta un punto de interés, generalmente se fabrican de materiales como “acero, fibrocemento, concreto presforzado, cloruro de polivinilo (PVC), hierro dúctil, polietileno de alta densidad, poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) y el fierro galvanizado” (CONAGUA, s. f.).

Según AyA (2017) las tuberías se dimensionan aplicando la fórmula de Hazen-Williams. Los coeficientes de Hazen-Williams (C) se muestran en la Figura 9.

Material	Valor máximo de C (Adimensional)
Polietileno de Alta Densidad (PEAD)	130
Cloruro de Polivinilo (PVC)	150
Concreto	120 - 140
Hierro galvanizado	120
Hierro dúctil	120
Hierro fundido*	130
Hierro fundido (10 años de edad)	107 - 113
Hierro fundido (20 años de edad)	89 - 100
Hierro fundido (30 años de edad)	75 - 90
Hierro fundido (40 años de edad)	64 - 83
Acero	130
Acero *	140 - 150
Acero rolando	110
Cobre	130 - 140

(a) Se refiere al material utilizado en productos fabricados durante los últimos 10 años

Figura 9. Coeficientes Hazen-Williams para diferentes materiales

Fuente: (AyA, 2017)

### **2.6.3.1. Ubicación de las tuberías**

Para la instalación de tuberías “en rutas nacionales o cantonales, la profundidad mínima debe ser de 1,00 metro sobre la corona del tubo a partir de la rasante de la calle” (AyA, 2017) y deben localizarse siguiendo el lineamiento de las calles.

### **2.6.3.2. Presión interna en tuberías**

Las tuberías deben de “soportar la presión estática interna más sobrepresiones por golpe de ariete, pero en ningún caso dicha capacidad será menor a 100 m.c.a (presión nominal de trabajo)” (AyA, 2017). Se establecen las siguientes excepciones según AyA (2017):

- a. En líneas de conducción y de aducción, cuando el cálculo hidráulico lo permita, las tuberías deben ser resistentes a la presión estática interna, más sobrepresiones por golpe de ariete, pero en ningún caso, la resistencia de las tuberías será menor a 80 m.c.a
- b. En redes de distribución de acueductos rurales, cuando el cálculo hidráulico lo permita, las tuberías deben ser resistentes a la presión estática interna, más sobrepresiones por golpe de ariete, pero en ningún caso, la resistencia de las tuberías será menor a 80 m.c.a

### **2.6.3.3. Diámetro mínimo de tuberías**

En líneas de conducción y de aducción, el diámetro mínimo de la tubería será el que determine el cálculo hidráulico. Además, el diámetro interno de la tubería corresponderá al que se indique en la norma de fabricación del tubo según el diámetro nominal seleccionado (AyA, 2017).

En el Cuadro 3 se muestran los valores de diámetros y presiones de trabajo disponibles para tubería de PVC.

Cuadro 3. Especificaciones de tubería PVC

Pulg	mm	SDR 13,5 (315 PSI) (ASTM2241)	SDR 17 (250 PSI) (ASTM2241)	SDR 26(160 PSI) (ASTM2241)	SDR 32,5(125 PSI) (ASTM2241)	SDR 41(Drenaje)	SDR 50 (Drenaje)	PVC SCH 80(ASTM178 5)	SCH 40(ASTM1785)	CPVC FlowGuard Gold NSF SE 8225 CTS SDR 13,5
1/2"	12	18,2/21,3	...	...	...	...	...	15,8/21,3	13,8/21,3	13,1/15,9
3/4"	18	...	23,5/26,7	...	...	...	...	20,9/26,7	18,9/26,7	22,2/18,9
1"	25	...	29,5/33,4	30,4/33,4	...	...	...	26,6/33,4	24,3/33,4	24,4/28,6
1 1/4"	31	...	37,2/42,2	38,9/42,2	39,1/42,2	39,8/42,2	...	35/42,2	32,5/42,2	29,7/34,9
2"	38	...	42,6/48,3	44,6/48,3	45,3/48,3	45,9/48,3	...	40,9/48,3	38,2/48,3	35,2/41,3
2 1/2"	50	...	53,2/60,3	55,3/60,3	56,6/60,3	57,4/60,3	57,9/60,3	52,5/60,3	49,2/60,3	46,0/54,0
3"	62	...	64,4/73,0	67,4/73	68,5/73	69,5/73	...	62,7/73,0	59,0/73,0	...
4"	75	...	78,4/88,9	82/88,9	83,4/88,9	84,6/88,9	83,3/88,9	77,9/88,9	73,7/88,9	...
6"	100	...	100,8/114,3	105,5/114,3	107,3/114,3	108,7/114,3	109,7/114,3	102,3/114,3	97,2/114,3	...
8"	150	...	148,5/168,3	155,3/168,3	157,9/168,3	160,1/168,3	...	154,1/168,3	146,4/168,3	...
10"	200	...	193,3/219,1	202,2/219,1	205,6/219,1	208,4/219,1	...	...	193,7/219,1	...
11"	250	...	240,9/273,1	252,1/273,1	256,2/273,1	259,8/273,1	...	...	243/273,1	...
12"	300	...	285,8/323,8	299/323,8	303,9/323,8	308,1/323,8	...	...	288,9/323,8	...
15"	375	...	...	358,7/388,6	364,7/388,6	369,7/388,6	...	...	...	...
18"	450	...	...	422/457,2	429,1/457,2	434,9/457,2	...	...	...	...

Fuente: (Durman, 2021)

La denominación SDR es “un valor adimensional que relaciona el diámetro externo nominal (DN) y el espesor de pared de la tubería (e). El SDR está estandarizado en valores y representa una presión nominal” (TIGRE, 2019).

#### 2.6.3.4. Velocidad en la tubería

La velocidad máxima en redes de distribución es de 3 m/s, en líneas de conducción o aducción es 5 m/s y la mínima de 0,6 m/s, sin embargo la velocidad recomendada de diseño es 1,5 m/s (AyA, 2017).

#### 2.6.3.5. Carga estática y carga dinámica

La carga estática “representa la carga máxima a la que puede estar sometida una tubería cuando se interrumpe bruscamente el flujo” (OPS, 2004a) y la carga dinámica representa “en cualquier punto de la línea, la diferencia de la carga estática y la pérdida de carga por fricción en la tubería” (OPS, 2004a). En la Figura 10 se puede apreciar lo anteriormente mencionado.

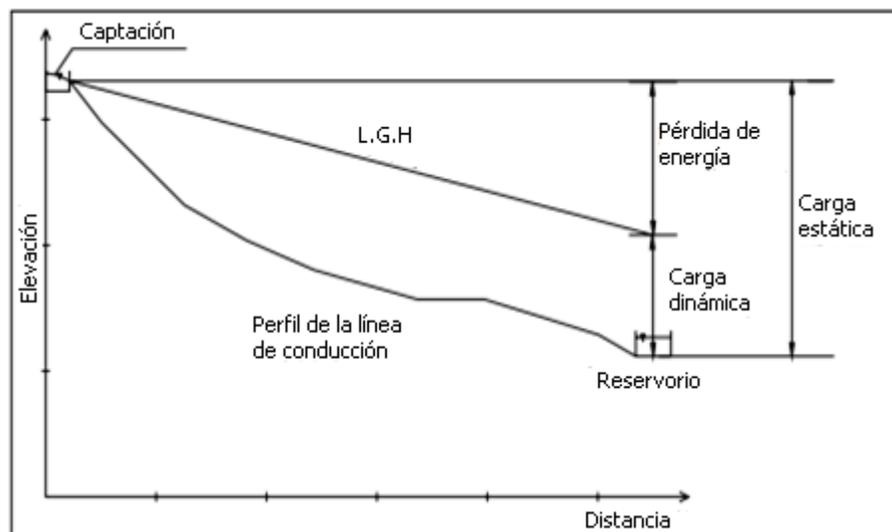


Figura 10 . Carga estática y carga dinámica en una línea de conducción

Fuente: (OPS, 2004a)

### **2.6.3.6. Golpe de ariete**

Es el “fenómeno hidráulico ocasionado por rápidas fluctuaciones en el flujo debido a la interrupción o inicio súbitos del flujo en una tubería, produciendo una variación de presión por encima o debajo de la presión de operación y cambios bruscos en la velocidad del flujo” (Ortiz, 2006).

El golpe de ariete puede originarse a partir de “variaciones repentinas en el flujo dentro de una tubería” (Ortiz, 2006). Las causas principales que lo originan según Ortiz (2006) son las siguientes:

- a. Operación de bombas
- b. Manipulación momentánea de válvulas
- c. En un sistema con conducción por gravedad el golpe de ariete es debido a abrir o cerrar una válvula y cuando la conducción es por bombeo se debe al arranque o parada de una bomba

Las consecuencias más comunes son “ruido, vibraciones, falla en bombas, válvulas y otros accesorios y ruptura de tuberías” (Ortiz, 2006).

### **2.6.4. Filtros**

#### **2.6.4.1. Filtros de grava**

Los filtros de grava son muy utilizados cuando se dispone de aguas con altos niveles de partículas orgánicas e inorgánicas, ya que, tienen la particularidad de atrapar y retener niveles importantes de contaminantes sin aumentar significativamente la pérdida de carga, debido a que el cuerpo filtrante (masa de grava) trabaja en tres dimensiones: superficie y profundidad (Martínez, 2001).

Los filtros de grava deben ser acompañados de filtros de malla debido a que no es fácil determinar el número mesh de la grava (tamaño de partículas en suspensión a eliminar) (Martínez, 2001).

#### **2.6.4.2. Filtro de anillas**

El agua es filtrada al pasar por los pequeños conductos formados entre dos anillas consecutivas. Dependiendo del número de ranuras de cada disco es la calidad del filtrado. Hay filtros de anillas equivalentes a mallas de 40, 80, 120, 140, 200 y 600 mesh. La forma de las ranuras no es uniforme, por lo tanto, los pequeños ductos que se forman tienen diferentes secciones y tamaños. Estos filtros tienen un efecto de filtrado tanto en superficie como en profundidad al igual como sucede con los filtros de gravas (Martínez, 2001).

#### **2.6.4.3. Filtro de mallas**

Este tipo de unidades es utilizado principalmente para filtrar aguas con contaminantes inorgánicos como arenas de distintas clases y moderadas cantidades de contaminantes orgánicos. No es recomendable su uso en aguas con alto contenido de residuos orgánicos ya que estos obstruyen rápidamente las cribas (aperturas de la malla) aumentando rápidamente la pérdida de carga más allá de los niveles aceptables (Martínez, 2001).

#### **2.6.4.4. Filtros autolimpiantes**

En general existen tanto filtros de malla, como de anillas o de arena autolimpiantes, esto permite que cuando el filtro incrementa la suciedad retenida, se invierta el flujo de agua e ingrese de abajo hacia arriba separando la suciedad retenida en la malla (Martínez, 2001).

#### **2.6.4.5. Hidrociclón**

Una forma de prolongar el período de limpieza es utilizar un Hidrociclón previo a los filtros de grava cuya finalidad es eliminar gran parte de los sólidos en suspensión. El hidrociclón trabaja muy bien reteniendo partículas de sólidos hasta el tamaño de arena fina (100  $\mu\text{m}$ ) (Martínez, 2001).

#### **2.6.5. Macromedidores**

La macromedición es por ahora considerada una de las actividades de mayor relevancia en los sistemas de agua potable y alcantarillado, debido a que a través de su práctica cotidiana es posible conocer los caudales o volúmenes de agua potable entregados al sistema por sus fuentes de abastecimiento (CONAGUA, 2007a).

En las líneas de conducción se recomienda instalar puntos de medición permanentes y no permanentes, el punto de medición permanente se puede ubicar en el inicio de la línea, los no permanentes se ubicarían, uno, contiguo al permanente para verificar la exactitud del equipo de medición, otro al final de la línea, para verificar caudales de entrada y salida, lo que permitirá detectar fugas (CONAGUA, 2007a).

#### **2.6.6. Tipos de válvulas y sus funciones**

##### **2.6.6.1. Válvulas de aire**

Según AyA (2017) existen 3 tipos de válvulas de aire:

- a. Eliminadora de aire: expulsa automáticamente pequeñas cantidades de aire disuelto presente en el agua en los puntos altos
- b. Doble propósito: se encargan de expulsar o admitir aire a la tubería, según sea el caso de llenado o vaciado de la conducción

c. Triple propósito: Combina las funciones de los tipos de válvulas antes indicadas

La ubicación de las válvulas de aire debe considerar las condiciones topográficas, su colocación debe ser en las zonas altas tanto para la admisión como eliminación de aire (AyA, 2017).

En líneas de aducción, conducción e impulsión se colocan al inicio y final de trayectos horizontales, trayectos con pendiente continua y prolongada y trayectos de baja pendiente, únicamente en los trayectos con las características anteriores, las válvulas de aire se deben separar cada 400 m o 800 m como máximo (AyA, 2017).

En estaciones de bombeo se deben colocar aguas arriba de la válvula de retención, para la admisión y expulsión de aire en la tubería de impulsión (AyA, 2017).

La instalación de la válvula de aire se debe hacer dentro de una “caja o fosa de concreto armado, y se deben considerar todos los requerimientos estructurales derivados de las cargas de tránsito a las que estén sometidas. Los accesos de estas fosas deben garantizar las facilidades de ingreso y el desarrollo de las actividades de mantenimiento de las válvulas” (AyA, 2017).

#### **2.6.6.2. Válvulas de corte**

Consiste en una válvula de compuerta, su función principal es “poder aislar tramos de tubería en caso de daños que pueda sufrir está” (AyA, 2017).

En líneas de aducción y conducción, se deben colocar válvulas de corte cada 1000 m como máximo. En líneas de distribución, se deben colocar cada 500 m, como máximo (AyA, 2017).

Este tipo de válvula debe ser colocado en obras de captación “tanto en la tubería de salida como en la de limpieza y el diámetro a utilizar está determinado por las condiciones de diseño de la captación. Las válvulas deben estar protegidas por una estructura (caja) construida con

paredes de bloques de concreto y losa de concreto con tapa (metálica de 90 cm), diseñadas para garantizar la manipulación y mantenimiento de las válvulas. Estas cajas deben ser provistas de los drenajes respectivos para impedir su anegación” (AyA, 2017).

Las válvulas de corte se deben colocar en tanques de almacenamiento “tanto en la tubería de ingreso y salida como en la de limpieza y el diámetro a utilizar está determinado por las condiciones de diseño del tanque” (AyA, 2017).

Las válvulas de corte en la tubería de ingreso se deben ubicar antes y después de las válvulas de control de nivel y en la tubería de salida antes del macromedidor para efectos de mantenimiento (AyA, 2017).

#### **2.6.6.3. Válvulas de purga o limpieza**

Las válvulas de purga se utilizan para realizar limpieza de la tubería por sedimentos y se colocan en los puntos bajos del trazado para facilitar la limpieza, con la posibilidad de realizar dicha descarga sobre un cuerpo de agua natural (AyA, 2017).

La válvula de purga debe incluir la infraestructura necesaria para su instalación, tales como: la caja, el cabezal de desfogue y las obras de disipación de energía para evitar erosión en el punto de descarga. Para diámetros iguales o menores a 100 mm, el diámetro de la purga será igual al diámetro de la tubería principal. Para diámetros mayores a 100 mm, el diámetro será definido según los criterios de diseño (AyA, 2017).

#### **2.6.6.4. Válvulas reductoras de presión**

Estas válvulas son utilizadas para “reducir y mantener la presión en la red aguas abajo del punto de instalación de la válvula, con el fin de mantener el sistema bajo una presión de

operación adecuada e impedir que las altas presiones produzcan averías en las tuberías y accesorios. La presión de consigna es independiente de las presiones aguas arriba y del caudal solicitado” (AyA, 2017).

#### **2.6.6.5. Válvulas sostenedoras de presión**

A diferencia de la anterior esta válvula es utilizada para “impedir la caída de presión en sectores del sistema por debajo de un valor que permita un adecuado nivel de servicio, por efecto de un aumento de la demanda aguas abajo. El valor de presión consignado será por lo tanto independiente de la presión y caudal aguas abajo. Esta válvula debe cerrarse completamente cuando la presión aguas arriba llegue a caer por debajo del valor preestablecido” (AyA, 2017).

#### **2.6.6.6. Válvulas reductora y sostenedora de presión**

Une las funciones de la válvula reductora y sostenedora de presión mencionadas anteriormente, a partir de eso se difiere que aguas arriba mantiene una presión establecida y aguas abajo reduce la presión a un nivel preestablecido.

#### **2.6.6.7. Válvulas de control de caudal**

Esta válvula se utiliza específicamente para “fijar un caudal máximo de operación aguas debajo de su punto de instalación. El valor de caudal consignado es independiente de los valores de presión aguas arriba y aguas debajo de la válvula” (AyA, 2017).

#### **2.6.6.8. Válvulas de control de nivel**

Este tipo de válvula debe cumplir con las condiciones de servicio del tanque donde se instale, la función de esta válvula es “mantener el nivel de agua dentro de un depósito o tanque de almacenamiento con el fin de evitar el rebose del agua, por tal motivo se requiere fijar niveles

de apertura y cierre. La regulación puede realizarse en función de la altura de la lámina de agua en el depósito a controlar (mediante flotador) o en función de la presión del agua (válvulas de altitud pilotadas)” (AyA, 2017).

#### **2.6.6.9. Válvulas de alivio**

La selección y dimensionamiento de la válvula debe cumplir con las condiciones del caudal de agua una vez que se alcance un valor predeterminado de presión, con el fin de proteger las tuberías o estaciones de bombeo del efecto de las sobrepresiones por transitorios hidráulicos provocados por paradas de las bombas o cierres de válvulas (AyA, 2017).

### **2.7. Epanet**

Es un programa de computadora, desarrollado por la U.S. EPA, que realiza simulaciones en período extendido (o cuasi estático) del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de tuberías a presión. Una red puede estar constituida por tuberías, nudos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses. Epanet permite seguir la evolución del flujo del agua en las tuberías, de la presión en los nudos de demanda, del nivel del agua en los depósitos, y de la concentración de cualquier sustancia a través del sistema de distribución durante un período prolongado de simulación. Además de las concentraciones, permite también determinar los tiempos de permanencia del agua en la red y su procedencia desde los distintos puntos de alimentación (Escobar & Rivera, 2015).

Este programa permite calcular “el caudal que circula por cada una de las conducciones, la presión en cada uno de los nudos, el nivel de agua en cada tanque, la concentración de diferentes componentes químicos a través de la red, el tiempo de permanencia del agua en las tuberías, la procedencia del agua en cada punto de la red” (Escobar & Rivera, 2015).

## **2.8. Análisis de impacto ambiental**

El desarrollo de un proyecto puede generar impactos ambientales positivos o negativos, directos o indirectos, reversible o irreversible, extensos o limitados, estos se pueden evaluar según CCAD (2009) mediante un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) el cual abarca tres fases principales:

- a. Evaluación de Impacto Ambiental Inicial (selección)
- b. Estudio de Impacto Ambiental
- c. Control y Seguimiento

### **2.8.1. Método de arboleda**

Uno de los métodos directos utilizado es el método de Arboleda para realizar estudios de impacto ambiental. Según Arboleda (2008) se deben clasificar los impactos ambientales de acuerdo con los siguientes parámetros de evaluación:

#### **2.8.1.1. Clase (C)**

Este criterio define el sentido del cambio ambiental producido por una determinada acción del proyecto, el cual puede ser: Positivo (+, P) si mejora la condición ambiental analizada o Negativo (-, N) si la desmejora.

#### **2.8.1.2. Presencia (P)**

En la mayoría de los impactos hay certeza absoluta de que se van a presentar, pero otros pocos tienen un nivel de incertidumbre que debe determinarse. Este criterio califica la posibilidad de que el impacto pueda darse y se expresa como un porcentaje de la probabilidad de ocurrencia, de la siguiente manera:

- a. Cierta: si la probabilidad de que el impacto se presente es del 100% (se califica con 1,0)
- b. Muy probable: si la probabilidad está entre 70 y 100 % (se califica entre 0,7 y 0,99)
- c. Probable: si la probabilidad está entre 40 y 70 % (0,4 y 0,69)
- d. Poco probable: si la probabilidad está entre 20 y 40 % (0,2 y 0,39)
- e. Muy poco probable: si la probabilidad es menor a 20 % (0,01 y 0,19)

### **2.8.1.3. Duración (D)**

Con este criterio se evalúa el período de existencia activa del impacto, desde el momento que se empiezan a manifestar sus consecuencias hasta que duren los efectos sobre el factor ambiental considerado. Se debe evaluar en forma independiente de las posibilidades de reversibilidad o manejo que tenga el impacto. Se expresa en función del tiempo de permanencia o tiempo de vida del impacto, así:

- a. Muy larga o permanente: si la duración del impacto es mayor a 10 años (se califica con 1,0)
- b. Larga: si la duración es entre 7 y 10 años (0,7 – 0,99)
- c. Media: si la duración es entre 4 y 7 años (0,4 y 0,69)
- d. Corta: si la duración es entre 1 y 4 años (0,2 y 0,39)
- e. Muy corta: si la duración es menor a 1 año (0,01 y 0,19)

### **2.8.1.4. Evolución (E)**

Califica la rapidez con la que se presenta el impacto, es decir la velocidad como éste se despliega a partir del momento en que inician las afectaciones y hasta que el impacto se hace presente plenamente con todas sus consecuencias. Este criterio es importante porque

dependiendo de la forma como evoluciona el impacto, se puede facilitar o no la forma de manejo. Se expresa en términos del tiempo transcurrido entre el inicio de las afectaciones hasta el momento en que el impacto alcanza sus mayores consecuencias o hasta cuando se presenta el máximo cambio sobre el factor considerado, así:

- a. Muy rápida: cuando el impacto alcanza sus máximas consecuencias en un tiempo menor a 1 mes después de su inicio (se califica con 1,0)
- b. Rápida: si este tiempo está entre 1 y 12 meses (0,7 – 0,99)
- c. Media: si este tiempo está entre 12 y 18 meses (0,4 y 0,69)
- d. Lenta: si este tiempo está entre 18 y 24 meses (0,2 y 0,39)
- e. Muy lenta: si este tiempo es mayor a 24 meses (0,01 y 0,19)

#### **2.8.1.5. Magnitud (M)**

Este criterio califica la dimensión o tamaño del cambio sufrido en el factor ambiental analizado por causa de una acción del proyecto. Se expresa en términos del porcentaje de afectación o de modificación del factor (por este motivo también se denomina magnitud relativa) y puede ser:

- a. Muy alta: si la afectación del factor es mayor al 80%, o sea que se destruye o cambia casi totalmente (se califica con 1,0)
- b. Alta: si la afectación del factor está entre 60 y 80 %, o sea una modificación parcial del factor analizado (se puede calificar 0,7 – 0,99)
- c. Media: si la afectación del factor está entre 40 y 60 %, o sea una afectación media del factor analizado (0,4 y 0,69)
- d. Baja: si la afectación del factor está entre 20 y 40 %, o sea una afectación baja del factor analizado (0,2 y 0,39)
- e. Muy baja: cuando se genera una afectación o modificación mínima del factor considerado, o sea menor al 20 % (0,01 y 0,19)

El método de Arboleda clasifica los impactos generados al medio ambiente mediante la información del Cuadro 4.

*Cuadro 4. Rangos de clasificación para la importancia de los impactos ambientales*

<b>Clasificación Ambiental (valores)</b>	<b>Importancia del Impacto Ambiental</b>
$\leq 2,5$	Poco significativo o irrelevante
$> 2,5$ y $\leq 5,0$	Moderadamente significativo o moderado
$> 5,0$ y $\leq 7,5$	Significativo o relevante
$> 7,5$	Muy significativo o grave

Fuente: (Arboleda, 2008)

### **III. METODOLOGÍA**

Este proyecto se desarrolló en el barrio La Enseñanza del distrito de Capellades del Cantón de Alvarado, en coordinación con la Municipalidad de Alvarado. El desarrollo de este proyecto se llevó a cabo mediante 7 etapas de trabajo, cada una con actividades que permitieron obtener una propuesta final de diseño. Las etapas se muestran en la Figura 11.

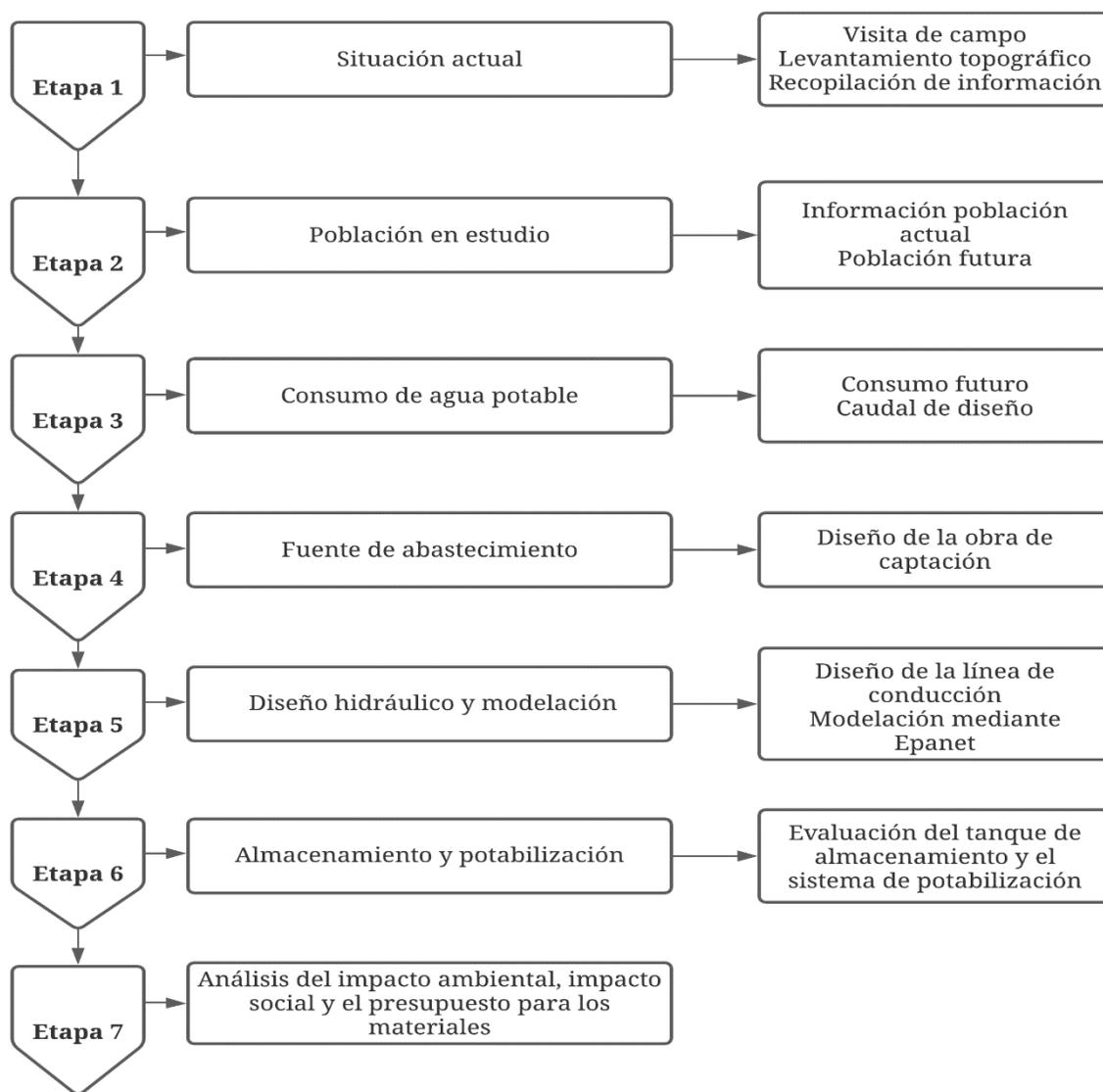


Figura 11. Metodología que seguir para el desarrollo del proyecto (Fuente propia)

### **3.1. Etapa 1: Situación actual**

#### **3.1.1. Visita de campo**

Se realizó una visita al sitio del proyecto con el fin de observar los puntos importantes, entre ellos: la fuente de abastecimiento, posible ubicación de la obra de captación, trazos posibles para la línea de conducción y visita al tanque de almacenamiento del proyecto. La visita se realizó con el objetivo de tener una vista general del proyecto y poder marcar una ruta para el desarrollo de este.

#### **3.1.2. Recopilación de información**

Con la ayuda del encargado de acueductos de la Municipalidad de Alvarado y lo observado en la visita de campo se recopiló información referente a distintos sitios de interés, así como datos de usuarios del acueducto, la información que se recopiló se resume en el Cuadro 5.

*Cuadro 5. Información de distintos elementos de interés en el proyecto*

<b>Elemento</b>	<b>Información</b>
Naciente	Aforos
Tanque de almacenamiento	Estado actual, volumen
Sistema de potabilización	Tipo y estado actual
Servicios a usuarios	Tipos de servicios

#### **3.1.3. Levantamiento topográfico**

Mediante el equipo GNSS RTK GEOMAX ZENITH 25 PRO se realizó el levantamiento topográfico del trazo de la línea de conducción definida mediante la visita de campo, esto con el fin de conocer la ubicación del punto espacialmente, así como la altura, dato de suma importancia para el desarrollo del proyecto.

El equipo GNSS RTK GEOMAX ZENITH 25 PRO consta de 2 estaciones, una móvil y otra de referencia, además de una controladora GETAC que permite el enlace entre ambas estaciones. Primeramente, mediante la controladora se configuró la estación base, la cual permite promediar un punto de interés mediante un intervalo de tiempo definido por el operador. Después de configurar la estación base, se realizó la configuración de la estación móvil (Rover), una vez configuradas ambas estaciones y enlazadas mediante la controladora, se realizó la toma de los puntos de la línea de conducción. Este equipo permite calcular posiciones relativas con precisión de milímetros.

Es importante destacar que el departamento de acueductos de la Municipalidad de Alvarado indicó que la línea de conducción debe permitir el transporte del agua por gravedad, por lo cual se debe marcar una ruta mediante el levantamiento topográfico que permita cumplir con lo indicado.

## **3.2. Etapa 2: Población en estudio**

### **3.2.1. Información población actual**

Se determinó la población actual mediante los datos del Censo 2000 y 2011 del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), esto permitió conocer el promedio de personas que habita cada casa de habitación en la comunidad La Enseñanza. Además, se realizó un análisis de los comercios o sitios públicos para determinar los servicios equivalentes, se tomó como referencia el Cuadro 2 de este documento. Los datos de cuántos hogares y sitios públicos o comerciales se encuentran en la comunidad se determinó a partir de la información aportada por el servicio de acueducto de la Municipalidad de Alvarado.

### 3.2.2. Población futura

Una vez determinada la población actual a abastecer de la comunidad la Enseñanza, se proyectó este valor mediante un periodo de diseño establecido por el Instituto de Acueducto y Alcantarillados (AyA) para líneas de conducción, esto con el fin de garantizar el buen funcionamiento del sistema de conducción.

La proyección de la población se realizó mediante los métodos de tasa de crecimiento geométrico y exponencial para tener una mayor claridad de la población futura. Para el funcionamiento de estos métodos es necesario tener dos poblaciones de referencia por esto se determinó la población actual mediante el censo del 2000 y 2011 del INEC.

#### 3.2.2.1. Tasa de crecimiento geométrico

La tasa de crecimiento geométrico se determinó mediante la Ecuación 1 (Torres, 2011).

$$r = \left( \frac{P^{t+a}}{P^t} \right) - 1 \dots\dots\dots \text{Ecuación 1}$$

Donde:

$r$  = tasa de crecimiento geométrico

$P^{(t+a)}$  = Población al momento actual (número de habitantes)

$P^{(t)}$  = Población de al momento inicial o población base o población inicial (número de habitantes)

$a$  = Distancia entre el tiempo entre las dos poblaciones de referencia (años)

Una vez que se determinó la tasa de crecimiento, se proyectó la población actual al periodo de diseño recomendado, mediante la Ecuación 2 (Torres, 2011).

$$Pf = Pa \cdot (r + 1)^{Pd} \dots\dots\dots \text{Ecuación 2}$$

Donde:

Pf = Población futura (número de habitantes)

Pa = Población actual (número de habitantes)

r = tasa de crecimiento

Pd = Periodo de diseño (años)

### 3.2.2.2. Tasa de crecimiento exponencial

La tasa de crecimiento exponencial se determinó a partir de la Ecuación 3 (Torres, 2011).

$$r = \frac{1}{a} \times \ln\left(\frac{P^{t+n}}{P^t}\right) \dots\dots\dots \text{Ecuación 3}$$

Donde:

r = Tasa de crecimiento exponencial

$P^{(t+n)}$  = Población al momento actual (número de habitantes)

$P^{(t)}$  = Población de al momento inicial o población base o población inicial (número de habitantes)

a = Distancia entre el tiempo entre las dos poblaciones de referencia (años)

Una vez que se determinó la tasa de crecimiento exponencial, la proyección de la población se realizó a partir de la Ecuación 2.

## 3.3. Etapa 3: Consumo de agua potable

### 3.3.1. Consumo futuro

El consumo futuro del agua se calculó a partir de la población proyectada determinada. Al no poseer datos del consumo actual que tiene cada hogar, no se pueden utilizar valores reales, por lo cual se utilizó los valores de dotaciones para una población rural establecidas por el

Instituto de Acueductos y Alcantarillados. Mediante la Ecuación 4 (OPS, 2004b) se determinó el caudal máximo diario.

$$QMD = FMD \times Cm \times Pf \dots\dots\dots \text{Ecuación 4}$$

Donde:

QMD = Caudal máximo diario (l/d)

Cm = Consumo poblacional (l/p/d)

Pf = Población futura (p)

FMD = Factor máximo diario establecido por el (AyA, 2017)

### **3.3.2. Caudal de diseño**

El caudal de diseño se determinó mediante la Ecuación 5 (AyA, 2017). El caudal de incendio se estableció a partir de lo indicado por el Benemérito Cuerpo de Bomberos y el Instituto de Acueductos y alcantarillados de Costa Rica.

$$Qd = QMD + QI \dots\dots\dots \text{Ecuación 5}$$

Donde:

Qd = Caudal de diseño (l/s)

QMD = Caudal máximo diario (l/s)

QI = Caudal de incendio (l/s)

### 3.4. Etapa 4: Fuente de abastecimiento

#### 3.4.1. Obra de captación

Mediante la visita al campo se determinó el sitio para ubicar la obra de captación. Se tomaron en cuenta aspectos como el transporte del agua de los afloramientos de la naciente El Salto a la cámara húmeda de la obra de captación, la zona de protección del afloramiento y la obra y el vertido del agua de rebalse.

Una vez que se definió el tipo de afloramiento de la naciente El Salto, en este caso de ladera, se inició el diseño completo de la obra de captación. Esta naciente posee la singularidad que tiene distintos puntos de afloramiento distanciados considerablemente unos de otros. Las distancias entre afloramientos se midieron con el fin de realizar una obra que permita transportar y unir cada punto del afloramiento de la naciente a una misma cámara húmeda. Esto permitió trabajar el diseño como un manantial de ladera y concentrado.

La estructura que permite unir cada afloramiento y posteriormente el transporte del agua a la cámara húmeda es un canal rectangular. La dimensión de este canal se determinó mediante la Ecuación 6 (Manning) (Villón Béjar, 2008), de la cual se despejó el valor del ancho de solera (b) tomando en consideración un tirante (y) que permita un valor adecuado para la construcción en el sitio.

$$Q = \frac{1}{n} \times \frac{A^{\frac{5}{3}}}{P^{\frac{2}{3}}} \times s^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots \text{Ecuación 6}$$

Donde:

Q = Caudal de los puntos de afloramiento (m<sup>3</sup>/s)

A = Área hidráulica de una sección rectangular (A = b×y), (m<sup>2</sup>)

P = Perímetro mojado de una sección rectangular (P = b + 2y), (m)

S = Pendiente de diseño (m/m)

n = Coeficiente de Manning (Concreto = 0,013)

y = tirante (m)

Posteriormente, se determinó el ancho de la pantalla frontal de la obra de captación, para esto es necesario conocer el diámetro y el número de orificios que permiten fluir el agua desde la zona de afloramiento a la cámara húmeda. El diámetro de la tubería se calculó a partir de la Ecuación 7 despejada a partir de la fórmula general del área de un círculo. Se debe tomar en consideración que no se puede trabajar con diámetros superiores al diámetro de la tubería de transporte de la captación al tanque de almacenamiento, por motivos constructivos.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \dots\dots\dots \text{Ecuación 7}$$

Donde:

D = Diámetro de tubería (m)

A = Área de la tubería (m<sup>2</sup>)

El valor del área se determinó a partir de la ecuación 8 (OPS, 2004b).

$$A = \frac{Q_{\max}}{C_d \times V} \dots\dots\dots \text{Ecuación 8}$$

Donde:

A = Área de tubería (m<sup>2</sup>)

C<sub>d</sub> = Coeficiente de descarga (0,6-0,8)

V = Velocidad de paso (0,5 m/s)

Una vez determinado el diámetro de la tubería se calculó el número de orificios de la pantalla, mediante la Ecuación 9 (OPS, 2004b), sin embargo, el número de orificios final se determinó a partir del valor obtenido y la capacidad de transporte del diámetro seleccionado en la tubería de entrada a la obra de captación.

$$NA = \left(\frac{D1}{D2}\right)^2 + 1 \dots\dots\dots \text{Ecuación 9}$$

Donde:

NA = Número de orificios

D1 = Área del diámetro calculado (m<sup>2</sup>)

D2 = Área del diámetro asumido (m<sup>2</sup>)

Finalmente, se calculó el valor del ancho de la pantalla frontal con la ecuación 11. Esta ecuación es determinada a partir de la Figura 7, sin embargo, la Ecuación 10 original aportada por la (OPS, 2004b) sufrió una modificación, ya que se varió la distancia de separación entre cada orificio así como del orificio a los límites de la pantalla frontal, por este motivo se obtuvo una variación entre los valores de la ecuación 10 y la 11.

$$b = 9 \times D + 4 \times NA \times D \dots\dots\dots \text{Ecuación 10}$$

$$b = 6,5 \times D + 2,5 \times NA \times D \dots\dots\dots \text{Ecuación 11}$$

Donde:

b = Ancho de pantalla (m)

D = Diámetro de la tubería u orificio (m)

NA = Número de orificios

El valor obtenido mediante la ecuación anterior se definió como el largo de la cámara húmeda de la captación.

Determinado el ancho de la pantalla frontal, se debe calcular la altura de la cámara húmeda, esta se determinó mediante la Ecuación 12 (OPS, 2004b) tomando como referencia la Figura 6.

$$CH = A + B + H + D + E \dots\dots\dots \text{Ecuación 12}$$

Donde:

CH = Altura cámara húmeda (m)

A = Altura mínima que permite la sedimentación de arena (m)

B = Diámetro de salida de la tubería (m)

H = Altura de agua sobre la canastilla (m)

D = Desnivel mínimo entre el nivel de ingreso del agua de afloramiento y el nivel de agua de la cámara húmeda (m)

E = Borde libre (m)

Omitiendo el valor del borde libre en la ecuación anterior se calculó la altura a la que debe ser instalada la tubería de ingreso (TI) en la obra de captación.

El cálculo del diámetro de la tubería de rebose y limpia de la obra de captación se realizó mediante la ecuación 13 (OPS, 2004b) de Hazen-Williams.

$$D = \frac{0,01803 \times Q^{0,38}}{S^{0,21}} \dots\dots\dots \text{Ecuación 13}$$

Donde:

D = Diámetro tubería de limpieza y rebose (m)

Q = Caudal de afloramiento (l/s)

S = Pendiente (1-1,5 %) ( m/m )

El diseño de la cámara seca se realizó en función del ancho de la válvula de compuerta y un espacio extra adecuado para su instalación y mantenimiento.

### **3.5. Etapa 5: Diseño hidráulico y modelación**

#### **3.5.1. Diseño hidráulico**

Se construyó una plantilla en Microsoft Excel la cual permite realizar los cálculos del diseño hidráulico de la tubería, esta plantilla cuenta con las siguientes partes distribuidas en columnas:

### 3.5.1.1. Distancia entre dos puntos de la conducción

La distancia entre dos puntos se determinó a partir de la Ecuación 14 (Arrieta, 2021). Esto con el fin de determinar la longitud de la tubería necesaria entre dos puntos. Esta ecuación se aplicó a todos los puntos tomados a través del levantamiento topográfico para determinar su distancia.

$$l = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} \dots\dots\dots \text{Ecuación 14}$$

Donde:

$l$  = Longitud entre dos puntos coordenados (m)

$x_1$  y  $x_2$  = Coordenadas de longitud del punto 1 y 2

$y_1$  y  $y_2$  = Coordenadas de latitud del punto 1 y 2

$z_1$  y  $z_2$  = Altitud del punto 1 y 2

### 3.5.1.2. Estacionamiento

El estacionamiento se determinó a partir de la Ecuación 15 (Arrieta, 2021), esto permite determinar la distancia total de diseño de la tubería de conducción.

$$E_s = \sum l \dots\dots\dots \text{Ecuación 15}$$

Donde:

$E_s$  = Distancia total de diseño (m)

$l$  = Distancia entre puntos (m)

### 3.5.1.3. Caudal y diámetro de diseño

El caudal de diseño se determinó a partir de la ecuación 4 y el diámetro de diseño a partir del Cuadro 3, esto debe estar acorde a generar una velocidad máxima permitida.

### 3.5.1.4. Velocidad de diseño

La velocidad máxima permitida en el sistema de conducción se estableció a partir de los datos del Instituto de Acueductos y Alcantarillados (AyA). Para verificar que la velocidad en las tuberías no sobrepasase la permitida se calculó mediante la Ecuación 16 (Arrieta, 2021).

$$V = \frac{Qd}{\pi \times \frac{d^2}{4}} \dots\dots\dots \text{Ecuación 16}$$

Donde:

V = Velocidad en la tubería (m/s)

Qd = Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)

d = diámetro de diseño (m)

### 3.5.1.5. Pérdidas Hazen-Willians

Las pérdidas de la tubería por fricción (pérdidas primarias), se determinaron mediante la Ecuación 17 (Arrieta, 2021).

$$H_f = 10,672 \times \left( \frac{Qd}{C} \right)^{1,852} \times \frac{L}{D^{4,87}} \dots\dots\dots \text{Ecuación 17}$$

Donde:

H<sub>f</sub> = Pérdida de carga (m)

Qd = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

L = Longitud de un punto a otro (m)

D = Diámetro de diseño (m)

C = Constante del material de la tubería (Referencia Figura 9: PVC)

### 3.5.1.6. Nivel piezométrico

El nivel piezométrico se calculó restandole las pérdidas al nivel piezométrico anterior, mediante la Ecuación 18 (Arrieta, 2021). El primer nivel piezométrico se definió a partir de la altura de la carga de agua sobre la salida de la tubería en la obra de captación.

$$NP = NPa - H_f \dots\dots\dots \text{Ecuación 18}$$

Donde:

NP = Nivel piezométrico (msnm)

NPa = Nivel piezométrico anterior (msnm)

Hf = Pérdidas actuales (m/m)

### 3.5.1.7. Carga dinámica

Para determinar el valor de la carga dinámica a lo largo de la tubería se utilizó la Ecuación 19 (Arrieta, 2021), esta resta el nivel piezométrico a la elevación, dando la carga o energía que presenta la tubería en un punto en específico, como se detalla a continuación.

$$CD = NP - El \dots\dots\dots \text{Ecuación 19}$$

Donde:

CD = Carga dinámica (m)

NP = Nivel piezométrico (msnm)

El = Elevación (m)

### 3.5.1.8. Carga estática

La carga estática se calculó mediante la Ecuación 20 (Arrieta, 2021), la cual permite conocer la presión que debe soportar la tubería en un punto determinado y definir el valor de SDR de la

tubería y la presión. Se analizó punto por punto con el fin de detectar cargas estáticas negativas que impidan hacer un diseño adecuado de la línea de conducción.

$$C_{est} = E_l - N_{Pin} \dots\dots\dots \text{Ecuación 20}$$

Donde:

$C_{est}$  = Carga estática (m)

$E_l$  = Elevación del punto (m)

$N_{Pin}$  = Nivel piezómetro inicial (m)

### **3.5.1.9. Selección de la cédula y los diámetros de la tubería**

La selección de la cédula de la tubería se eligió de acuerdo con el diámetro que permite una velocidad adecuada de diseño, además, que soporte la carga estática en dichos puntos y que tenga la capacidad de soportar un 20 % más de presión referente a la carga estática. Esto como recomendación del Ing. Sergio Arrieta Quesada profesor de la Escuela de Ingeniería Agrícola del Instituto Tecnológico de Costa Rica para evitar daños por sobrepresión que puedan generarse en la tubería como los provocados por el golpe de ariete.

Una vez elegido el tubo con su respectivo SDR, se cambió el diámetro de diseño al valor del diámetro interno de la tubería tomado a partir del Cuadro 3 y se revisaron los valores obtenidos desde la Ecuación 16 hasta la Ecuación 20, con el fin de observar si el diseño es adecuado a las necesidades definidas.

### **3.5.1.10. Ubicación accesorios: tipo de válvulas, macromedidores y de conexión**

La colocación y el tipo de válvulas se definió mediante los datos observados de presión en la tubería y desniveles de topografía, así como puntos importantes como a la salida de la obra de captación o a la llegada del tanque de almacenamiento. Se tomó en cuenta lo que establece la Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable de

saneamiento y pluvial del AyA para definir los aspectos técnicos con los que se rige un diseño de un sistema de conducción.

Se colocó un macromedidor al inicio y otro al final de la tubería de conducción para garantizar que se está transportando el caudal necesario a través de la tubería mediante la medición de los caudales.

La cantidad de accesorios de conexión, en este caso codos, se definió a través de la vista en planta del recorrido de la tubería obtenido a través del levantamiento topográfico. Por recomendación del Ing. Sergio Arrieta Quesada para determinar la cantidad de accesorios se parte del supuesto que cada 3 tubos se instala un accesorio de conexión, esto en los trayectos que presente una mayor variación en la dirección del recorrido de la tubería.

### **3.5.2. Modelación mediante Epanet**

Mediante el software Epanet se modeló el diseño hidráulico que se realizó, esto con el fin de poder tener una mejor visualización de cada aspecto del proyecto. Para exportar los datos de los puntos del levantamiento topográfico y sus características, se realizó una plantilla en Excel que permite exportar los datos en formato .INP compatible con Epanet, lo cual permitió exportar las características del diseño.

## **3.6. Etapa 6: Almacenamiento y desinfección**

### **3.6.1. Evaluación del tanque de almacenamiento**

Determinado el caudal de diseño requerido para la población del barrio La Enseñanza, se debe determinar la capacidad del tanque de almacenamiento para el abastecimiento de la comunidad. Este tanque de almacenamiento debe de contemplar los volúmenes de regulación de consumo, reserva contra incendios y de interrupciones. Los volúmenes de consumo e interrupciones se definieron a partir de la información aportada por la Norma técnica para diseño

y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable de saneamiento y pluvial del AyA. El volumen de reserva contra incendios se definió a partir de lo que establece el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica.

Mediante la ecuación 21 (AyA, 2017) se determinó el volumen de regulación de consumo para el diseño del tanque de almacenamiento.

$$VRC = 12096 \times Qpd \dots\dots\dots \text{Ecuación 21}$$

Donde:

VRC = Volumen de regulación de consumo (m<sup>3</sup>)

Qpd = Caudal promedio diario (m<sup>3</sup>/s)

La ecuación 22 (AyA, 2017) permitió determinar el volumen de reserva por interrupciones. El valor de la horas de interrupción se definió a partir del periodo mínimo que establece el (AyA, 2017).

$$VRI = 3600 \times Qpd \times H \dots\dots\dots \text{Ecuación 22}$$

Donde:

VRI = Volumen de reserva por interrupciones (m<sup>3</sup>)

Qpd = Caudal promedio diario (m<sup>3</sup>/s)

H = Horas de interrupción (h)

Para este proyecto no se realizó el diseño del tanque de almacenamiento, en su lugar, se evaluaron los tres tanques existentes de la Municipalidad de Alvarado para abastecer La Enseñanza. Mediante la evaluación se observaron aspectos tales como la integridad y la capacidad de almacenamiento de los tanques existentes con el fin de definir si deben sufrir modificaciones o su capacidad de almacenamiento es adecuada. Para definir si la capacidad de almacenamiento es adecuada se comparó el volumen de almacenamiento de los tres tanques existentes contra el volumen de almacenamiento total obtenido a partir de la suma de los valores de la Ecuación 21 y 22 y el volumen contra incendios.

### **3.6.2. Evaluación del sistema de potabilización**

Se realizó una evaluación del sistema de potabilización implementado en el tanque de almacenamiento actual, esto con el fin de conocer el tipo de sistema utilizado, su funcionamiento y su capacidad de potabilización.

### **3.7. Etapa 7: Análisis de impacto ambiental y social y presupuesto para los materiales de construcción**

#### **3.7.1. Análisis del impacto ambiental**

Se analizó el proyecto de acuerdo con el formulario D1 de Secretaria Técnica Nacional Ambiental (SETENA), con este documento se determinó si el proyecto requiere un Estudio de Impacto Ambiental o solo una declaración jurada de compromisos ambientales.

El análisis de impacto ambiental se realizó mediante la matriz de riesgo del método de Arboleda, mediante el cual se clasificó cada etapa del proyecto y los posibles impactos que pueda generar. Esta clasificación se obtuvo a partir de Ecuación 23 (Arboleda, 2008).

$$Ca = C \times (P \times (7 \times E \times M + 0,3 \times D)) \dots\dots\dots \text{Ecuación 23}$$

Donde:

Ca = Clasificación ambiental

C = Clase

P = Presencia

E = Evolución

M = Magnitud

D = Duración

Obtenido dicho valor se clasificó el impacto de acuerdo con el Cuadro 4 que propone Arboleda . A los impactos clasificados como graves o severos se les definieron distintas medidas ambientales con el fin de disminuir su impacto sobre el ambiente.

### **3.7.2. Análisis de impacto social**

El análisis impacto social se determinó a partir de los aspectos que produce el implementar este proyecto para los habitantes de La Enseñanza y alrededores.

### **3.7.3. Análisis del presupuesto para los materiales del sistema de conducción**

Esté análisis se realizó específicamente para conocer el valor económico de todas las obras que se deben diseñar , y con esto se definió un presupuesto para los materiales del proyecto.

## **IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

## 4.1. Etapa 1: Situación actual

### 4.1.1. Visita de campo

En la Figura 12 se aprecia la ubicación de los elementos actuales en la zona de estudio del proyecto.

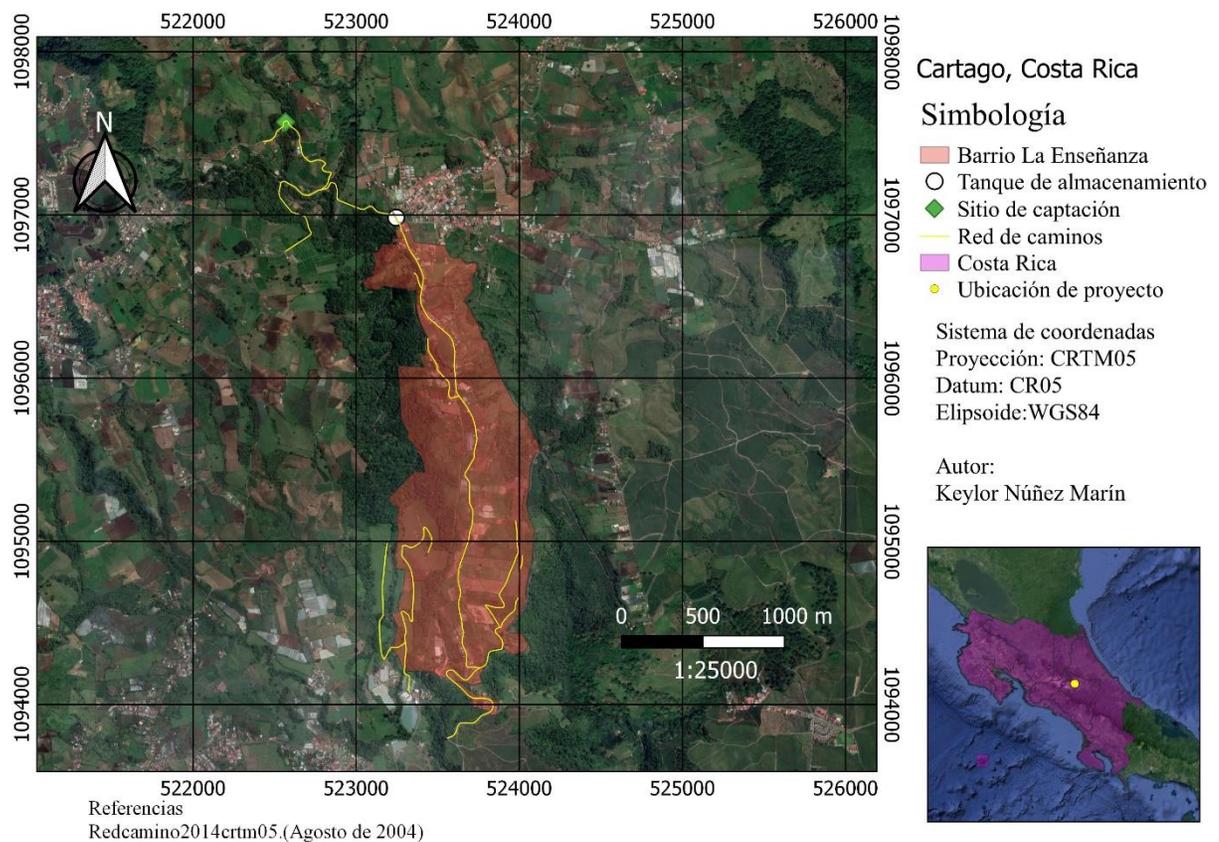


Figura 12. Zona de estudio y ubicación de elementos importantes

En la figura anterior se observa el área que comprende el barrio La Enseñanza que será abastecida a partir del sistema de conducción que se plantea en este documento. Se observa la ubicación del sitio de captación del agua y la ubicación de los tanques de almacenamiento con

los que cuenta la comunidad, elementos de suma importancia para definir una ruta para el transporte del agua.

#### 4.1.2. Recopilación de información

En el Cuadro 6 se muestra la información recopilada a partir de la visita realizada a la zona de estudio.

*Cuadro 6. Información de elementos importantes en la zona de estudio (Fuente propia)*

<b>Elemento</b>	<b>Información</b>	<b>Disponible</b>
Fuente de abastecimiento (Naciente)	Aforos (Datos aportados por la Municipalidad de Alvarado)	14 l/s a 18 l/s
Tanque de almacenamiento	Volumen	3 tanques de capacidad total: 76 m <sup>3</sup>
Sistema de potabilización	Tipo	Cloración por pastillas
Servicios a usuarios	Tipo	Domiciliares , lotes agrícolas, bodegas, restaurantes, centro de acopio, industrias y comercios

Esta información permite tener noción sobre los elementos que tenemos en el sitio y cuáles deben ser diseñados para conformar el sistema de conducción.

### 4.1.3. Levantamiento topográfico

En la Figura 13 se muestran los puntos del levantamiento topográfico realizado para el transporte del agua desde la captación a los tanques de almacenamiento.

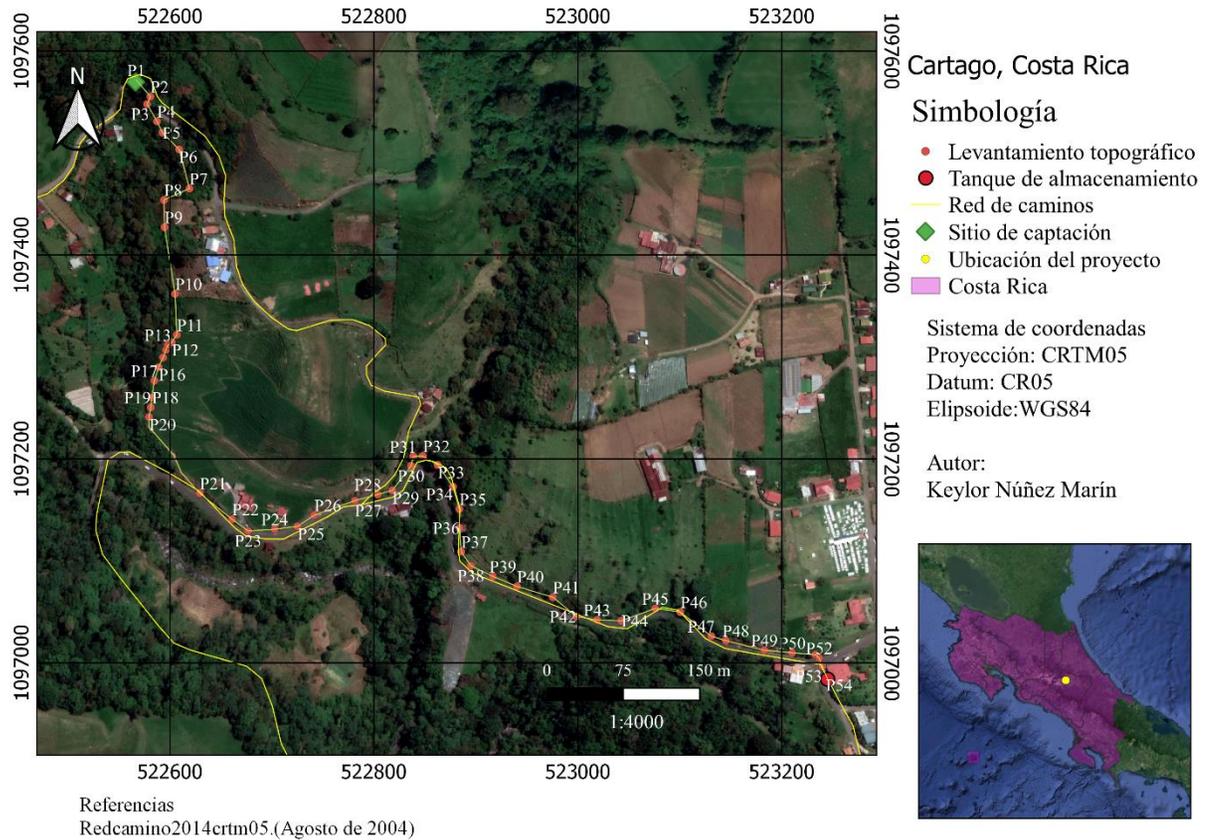


Figura 13. Levantamiento topográfico de la línea de conducción

Se observa que el levantamiento topográfico realizado está comprendido de 54 puntos debidamente georreferenciados. En el Anexo 1 (Cuadro 31) se aprecian las coordenadas determinadas para cada punto. Además, se observa que el levantamiento topográfico no se realizó en su totalidad siguiendo la calle pública disponible, ya que se iba a requerir un sistema de bombeo debido que al salir de la captación la calle pública presenta una inclinación positiva, es decir, va subiendo en un trayecto considerable lo que imposibilita el transporte del agua por

gravedad. Para reducir los costos y cumplir con lo indicado por el departamento de Acueductos de la Municipalidad de Alvarado de establecer una ruta que permita el transporte del agua por gravedad, se trazaron los primeros 21 puntos entre los límites de una montaña y una propiedad privada hasta la calle pública como se observa en la figura. Los puntos a partir del 21 se trazaron en su totalidad por la vía pública hasta llegar al tanque de almacenamiento. El recorrido tuvo una distancia aproximada de 1280,58 metros.

#### 4.2. Etapa 2: Población en estudio

En el Cuadro 7 se muestran los servicios definidos en la zona de estudio que actualmente cuentan con agua potable.

*Cuadro 7. Totalidad de servicios de la comunidad La Enseñanza con abastecimiento de agua potable (Fuente propia)*

<b>Tipos de servicio de abastecimiento de agua</b>	<b>Total por servicio (Datos aportados por la Municipalidad de Alvarado)</b>	<b>Área de influencia (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Servicios equivalentes</b>
Domiciliarias	177		177
Lotes agrícolas	18	100044	200
Bodegas	2	519	1
Restaurante	1	15332	153
Centro de acopio	1	5717	12
Industria	3	2376	5
Comercio	2	1295	6
		Total de servicios	554

La información del cuadro permite visualizar la cantidad de tomas domiciliarias de 177 en la comunidad la Enseñanza. Se visualiza los servicios equivalentes definidos mediante el análisis realizado cumpliendo con lo que establece el Cuadro 2 según el AyA para los lotes agrícolas, bodegas, restaurantes, centro de acopio, industria y comercio; teniendo un total de 377 servicios.

Este valor equivale a tener 377 tomas domiciliarias en la comunidad. Las tomas domiciliarias más las tomas equivalentes suman un total de 554 servicios con agua potable.

En el Cuadro 8 se especifica la población equivalente presente actualmente en la comunidad La Enseñanza.

*Cuadro 8. Total de habitantes equivalentes en la comunidad La Enseñanza.*

Total de servicios	554	domiciliarias
Promedio de habitantes (Censo 2011)	3,8	habitantes
Población equivalente de La Enseñanza	2106	habitantes

A partir del total de servicios y el promedio de habitantes se obtiene una población equivalente de 2106 habitantes. Esta es la cantidad de población que debe abastecer el acueducto en la actualidad. Es importante mencionar que La Enseñanza no tiene esa cantidad de habitantes sino que muchos servicios que no son domiciliarias se equivalieron para poder ser representados por cierta cantidad de personas y así garantizar el recurso hídrico para estos.

En el Cuadro 9 se observan los valores de población obtenidos por los métodos de crecimiento geométricos y exponenciales (Ecuación 1 y 2). Además, de la población de diseño definida.

Cuadro 9. Población de diseño definida a partir de los métodos de crecimiento geométrico y exponencial

Población Capellades	Total	Unidad
Población censo 2000	2191	Habitantes
Población censo 2011	2454	Habitantes
Población equivalente de La Enseñanza	2106	Habitantes
Tiempo entre los dos censos	11	Años
Pd (Conducciones)	25	Años
<b>Tasa de crecimiento (r )</b>		
Geométrico	Exponencial	
0,0104	0,0103	
<b>Población determinada</b>		
Población futura (p)	Población futura (p)	
2725	2722	
<b>Población de diseño (p)</b>		
2725 habitantes		

En el cuadro anterior se observa la población del distrito de Capellades para los censos del 2000 y 2011 (2191 y 2454 habitantes respectivamente). Estos valores de población permiten determinar la tasa de crecimiento mediante el método geométrico y exponencial. Se utiliza la población de Capellades debido a que La Enseñanza pertenece a ese distrito y esto permite que las tasas de crecimiento obtenidas sean representativas. Las tasas de crecimiento indican el ritmo de aumento de una población entre dos periodos, en este caso los valores obtenidos tienen una mínima variación entre ambos métodos.

El periodo de diseño definido es de 25 años para conducciones, según la Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable de saneamiento y pluvial del AyA, valor que también representa el periodo de diseño del tanque de almacenamiento y obra de captación. Este valor garantiza que el sistema funcione adecuadamente durante los años definidos.

Las poblaciones futuras obtenidas para el poblado La Enseñanza solo tuvieron una diferencia de 3 habitantes entre ambos métodos de crecimiento, esto permite definir la población futura de 2725 mediante el método geométrico, ya que, con esto se garantiza una mayor disponibilidad del recurso hídrico para poblaciones futuras, aunque vaya a hacer mínima la diferencia comparada con la población futura obtenida por el método exponencial.

### 4.3. Etapa 3: Consumo de agua potable

El Cuadro 10 presenta el consumo hídrico futuro de La Enseñanza para poder abastecer todas sus actividades y servicios.

*Cuadro 10. Consumo hídrico futuro de la población de La Enseñanza*

Población de diseño (p)	2725	habitantes
Consumo rural (Cm)	200	l/p/d (AyA, 2017)
Caudal promedio diario (Qpd)	545000	l/d
Factor máximo diario (FMD)	1,2	
Caudal máximo diario	654000	l/d
Caudal máximo diario (QMD)	7,6	l/s

Al no contar con valores de consumo real y al ser La Enseñanza un poblado rural se determinó el valor que se muestra en el cuadro anterior de 200 l/p/d según disposiciones del AyA en la norma técnica vigente. Se obtiene el caudal máximo diario de 7,6 l/s, dato necesario para definir el caudal de diseño del sistema de conducción.

El dato del caudal de diseño para la línea de conducción se muestra en el Cuadro 11.

*Cuadro 11. Caudal de diseño del sistema de conducción*

Caudal máximo diario (Qpd)	7,6	l/s
Caudal de incendio	0	l/s
Caudal de diseño o coincidente	7,6	l/s
Caudal de diseño o coincidente (Qd)	0,0076	m <sup>3</sup> /s

Como se observa en el Cuadro 11 en este proyecto el caudal de diseño tiene la particularidad de ser el mismo que el caudal máximo diario de 7,6 l/s , esto debido a que al ser una línea de conducción no es necesario definir un caudal de incendio. El caudal de diseño permite asegurar que la comunidad La Enseñanza no va a sufrir problemas de déficit hídrico. Este caudal debe ser aportado por la fuente de abastecimiento y transportado por la línea de conducción.

#### **4.4. Etapa 4: Fuente de abastecimiento**

Para ser utilizada una fuente de agua como suministro para una población se deben realizar análisis para determinar las concentraciones de coliformes presentes, este análisis fue realizado por el Laboratorio Nacional de Aguas del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. El análisis realizado determina que la naciente El Salto cumple con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N°32327-S y permite su uso como fuente de abastecimiento, el detalle del reporte se muestra en el Anexo 2 (en la Figura 30 y 31).

La naciente El Salto es de tipo manantial y con la característica que su afloramiento es de tipo ladera. Esta fuente nos proporciona el recurso hídrico para suplir las necesidades hídricas de la comunidad de estudio. En la Figura 14 se observan los afloramientos de la fuente de abastecimiento del proyecto.



*Figura 14. Naciente El Salto: Fuente de abastecimiento del proyecto ( Fecha:04/08/2021)*

Se observa que la fuente de abastecimiento está comprendida por cinco afloramientos de agua tipo ladera, representados en la figura con los círculos de color amarillo. Estos cinco afloramientos proporcionan un caudal entre los 14 l/s y 18 l/s en época de estiaje como se mencionó en el Cuadro 6 . El poder agrupar el agua que proporciona cada ojo de agua ( denominación que se le da popularmente a los afloramientos de tipo manantial) permite suplir la necesidad hídrica de la comunidad La Enseñanza. Por este motivo se ha diseñado un canal que permite agrupar el agua de cada punto y que después facilite el transporte a la cámara húmeda. Los valores de diseño del canal se muestran en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Datos de diseño del canal en la fuente de abastecimiento

Caudal (Q)	0,018	m <sup>3</sup> /s
Coefficiente Manning (n)	0,013	
Pendiente (S)	0,005	m/m
Tirante (y)	0,16	m
Ancho solera (b)	0,15	m
Borde libre (Bl)	0,04	m

Se utilizó el caudal de 18 l/s para garantizar el transporte de la totalidad del agua que la fuente es capaz de proveer. Esto permite que si en el futuro se amplía el sector de abastecimiento del sistema de conducción permita tener un caudal extra disponible y no tener la limitación de que solo se tiene a disponibilidad el caudal que requiere la comunidad de 7,6 l/s.

El valor del ancho de solera de 0,15 metros y el tirante de agua de 0,16 metros, son las dimensiones que permiten transportar el agua de la naciente El Salto. Al tirante se le suman 4 centímetros de borde libre con el fin de tener dimensiones que sean de fácil construcción. El canal está diseñado para ser construido e instalado en la pared de la ladera desplazándose por los afloramientos.

Se parte del hecho que se va a recolectar toda el agua disponible en la naciente, sin embargo, esto no es posible porque hay que dejar un caudal en el afluente por motivos de la sostenibilidad ambiental. Dado que el sistema requiere un menor caudal que el disponible en la fuente de abastecimiento, se tendrá un excedente de agua en la captación, este caudal extra será desplazado mediante la tubería de rebose al afluente natural.

En el sitio de la naciente El Salto se tiene otro afloramiento de tipo manantial pero en este caso de fondo ubicado según se muestra en la Figura 15.



*Figura 15. Afloramiento de reserva para el afluente en la naciente El Salto ( Fecha:04/08/2021)*

Como se observa en la figura anterior la ubicación del manantial de fondo está debajo de la caída del agua de la catarata. Esta figura fue tomada en época lluviosa lo cual induce a que el nivel del agua sea alto, sin embargo, en época seca la corriente de la cascada disminuye considerablemente, lo que permite visualizar el afloramiento y medir la capacidad hídrica. Es importante mencionar que este afloramiento posee una capacidad hídrica de 18 l/s en época de estiaje. Esto permite asegurar la disponibilidad de agua que fluye naturalmente en época seca para la vida silvestre y otras actividades económicas que se puedan generar a partir del afluente natural.

El diseño del canal propuesto se visualiza en la Figura 16, donde se muestra la distribución del canal a través de los afloramientos de agua.

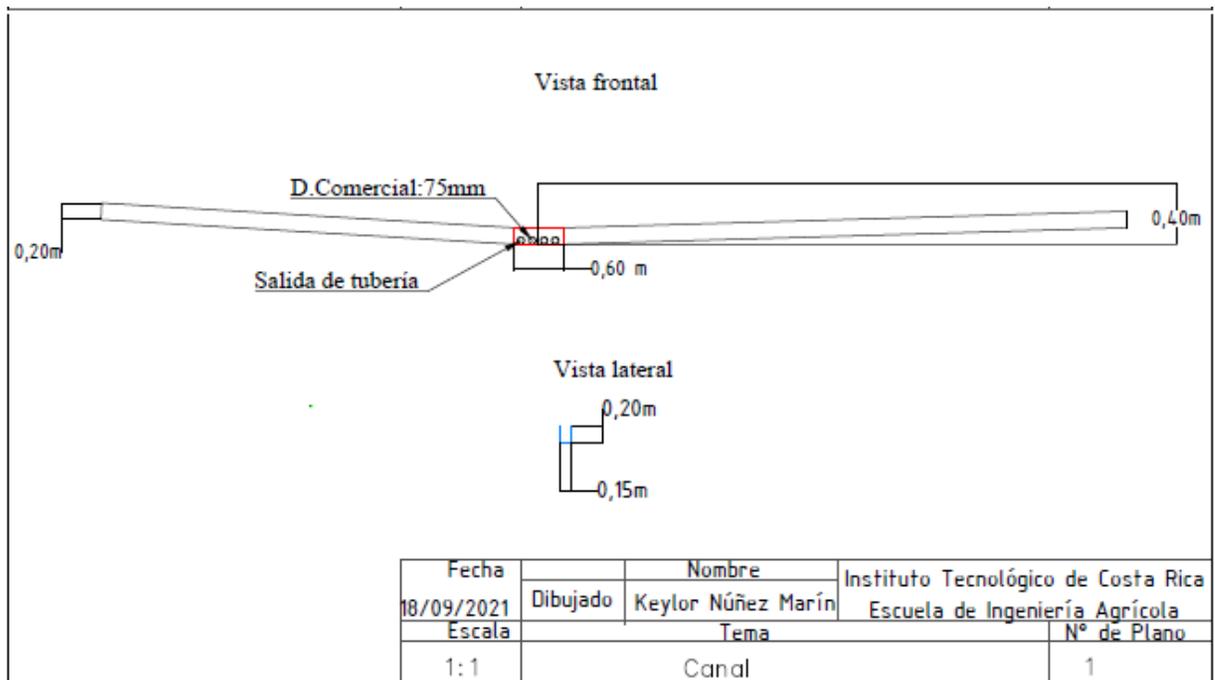


Figura 16. Diseño del canal en la fuente de abastecimiento

El canal diseñado mostrado en la figura anterior permite el transporte del agua de los afloramientos hasta el punto central, que se nombra en la figura como “Salida de tubería”. Esta salida permite conectar y transportar el agua a la obra de captación. La altura de la salida de tubería respecto al suelo debe tener una altura mínima de 0,75 metros para garantizar un desnivel entre la salida de la tubería del canal y la entrada de la cámara húmeda de mínimo 5 centímetros. En la parte superior del canal se instalará una tapa metálica que evita el ingreso de residuos y permite la limpieza de este. El aspecto general del canal se muestra en el Anexo 3 (Figura 32).

El canal diseñado se adosará a la pared rocosa, esto permite que el agua proveniente de los afloramientos ingrese directamente al canal.

Respecto a la obra de captación, el valor del diámetro de la tubería de entrada a la cámara húmeda se presenta en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Diámetro de tubería de entrada a la cámara húmeda de la captación.

Q <sub>máx</sub>	0,018	m <sup>3</sup> /s
Coeficiente de descarga (cd)	0,8	
Velocidad permisible (v)	0,5	m/s
Área (a)	0,05	m <sup>2</sup>
Diámetro determinado (D)	0,24	m
Diámetro asumido (D)	0,083	m

El diámetro determinado para transportar los 0,018 m<sup>3</sup>/s es 0,24 metros, sin embargo, este valor es un diámetro superior al que transporta el caudal de abastecimiento de la comunidad que tiene un diámetro nominal de 0,083 metros. Debido a esto se asume como diámetro de diseño de la tubería de entrada a la captación, el mismo valor de la tubería de transporte de la captación al tanque de almacenamiento. Esto permite reducir costos de materiales al utilizar un mismo tipo de tubería en todo el proyecto.

Al reducir el diámetro de la tubería de 0,24 metros a 0,083 metros se debe determinar la cantidad de orificios o número de tubos que permiten el transporte del caudal de la naciente, estos valores se muestran en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Número de orificios de entrada a la cámara húmeda

Área diámetro calculado(D1)	0,05	m <sup>2</sup>
Área diámetro asumido ( D2)	0,005	m <sup>2</sup>
Número de orificios (NA)	8,0	Determinado
Número de orificios (NA)	4,0	Asumido

Se asumió la cantidad de 4 orificios, ya que un solo tubo con área de 0,005 m<sup>2</sup> tiene la capacidad para transportar 7,6 l/s y el máximo caudal provisto por la fuente es 18 l/s. Esto indica que los 8 orificios determinados a partir de la ecuación 9 tienen una capacidad superior a la requerida realmente por la captación. Debido a esto y con el fin de reducir gastos y lograr una mejor distribución de la tubería se establecieron 4 orificios de entrada a la cámara húmeda.

La dimensión de la pantalla frontal de la obra de captación determinada a partir de la ecuación 11 y la longitud de esta se muestra en el Cuadro15.

*Cuadro 15. Dimensión de la pantalla frontal y el largo de la cámara húmeda de la captación*

	0,083	m
Diámetro interno (orificio)	83	mm
Ancho de la pantalla (b) determinado	1,4	m
Ancho de la pantalla (b) de diseño	1,5	m
Longitud (l)	1,5	m

La pantalla frontal de la captación permite la instalación de la tubería de entrada proveniente del canal. La dimensión calculada es de 1,40 metros pero se redondea a 1,50 metros con el fin de tener una dimensión de fácil construcción, ese número representa también la longitud de la obra de captación. La distribución general de los orificios o tubería de ingreso en la pantalla frontal se muestra en el Anexo 3 (en la Figura 33). Es importante indicar que los tubos tienen una separación de 5 centímetros con el fin de facilitar su instalación.

En el Cuadro 16 se muestran las dimensiones definidas para determinar la altura total de la cámara húmeda.

*Cuadro 16. Altura total de la cámara húmeda de la obra de captación*

Altura mínima de sedimentación (A)	0,15	m
	0,089	m
Diámetro externo de tubería de salida (B) PVC	89	mm
Altura de agua sobre la tubería de salida o canastilla (H)	0,40	m
	0,05	m
Desnivel mínimo entre la tubería del afloramiento y el nivel del agua en la cámara (D)	5	cm
Borde libre ( E )	0,30	m
Altura total de la cámara húmeda (CH)	1	m
Altura de la tubería ingreso (TI)	0,70	m

La altura total de la cámara húmeda de la captación está compuesta por distintas secciones, las cuales se observan distribuidas en el Anexo 3 (en la Figura 34). Los valores de estas secciones se definieron a partir de la información dada por la Organización Panamericana de la Salud presente en este documento, entre ellas:

- a. La altura mínima de sedimentación de 0,15 metros permite que cualquier residuo en el agua precipite al fondo y pueda ser almacenado para posteriormente ser removido mediante la limpieza de la obra
- b. El diámetro externo debe ser el determinado para el transporte del agua desde la captación hasta el tanque de almacenamiento en este caso de 89 mm
- c. La altura del agua sobre la tubería de salida de 0,40 metros permite tener almacenado un determinado caudal que provee la energía para que el agua pueda salir de la obra. Esta altura evita que el sistema de conducción tenga problemas por introducción de aire, ya que, esto provocaría una disminución en la capacidad de transporte del agua a través de la tubería
- d. El desnivel mínimo de 5 centímetros entre la tubería de ingreso a la captación y el agua en la cámara húmeda permite que no se dé un efecto de taponamiento entre las dos partes, es decir, esta diferencia de altura permite que el agua proveniente del canal pueda precipitar a la cámara húmeda
- e. La altura del borde libre de 30 centímetros permite poder absorber los niveles extraordinarios que puedan presentarse por encima del nivel normal de la cámara húmeda

Mediante las alturas definidas en cada sección se obtiene la altura total de la cámara húmeda establecida en 1 metro, este valor permite conocer la altura de la construcción que debe tener la obra. Las dimensiones finales de la cámara húmeda son de 1,5 m x 1,5 m x 1 m (largo x ancho x alto o bajo).

Las captaciones requieren la instalación de dos tuberías: una tubería que permita eliminar los residuos que almacene la captación y otra que elimine el agua en exceso que presente. Mediante la ecuación 13 se obtuvo el valor del diámetro que debe poseer la tubería de limpieza y rebose, valor que se aprecia en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Diámetro de la tubería de limpieza y rebose de agua

Caudal (Q)	18	l/s
Pendiente (S)	1	%
Diámetro calculado (D)	0,05	m
Diámetro diseño interno (D)	0,083	m
Diámetro comercial (D)	75	mm

El diámetro calculado es el diámetro mínimo de diseño que se debe utilizar en la obra, sin embargo, se asume el diámetro comercial de 75 milímetros debido a que es el utilizado en la conducción. Al aumentar el diámetro de la tubería de limpieza y rebose de 0,05 m a 0,083 m, se obtiene una mayor capacidad para desplazar el agua a través de la tubería de rebose y una limpieza más rápida de la captación.

En la Figura 17 se muestra el diseño de la cámara húmeda propuesto para la captación de la naciente El Salto.

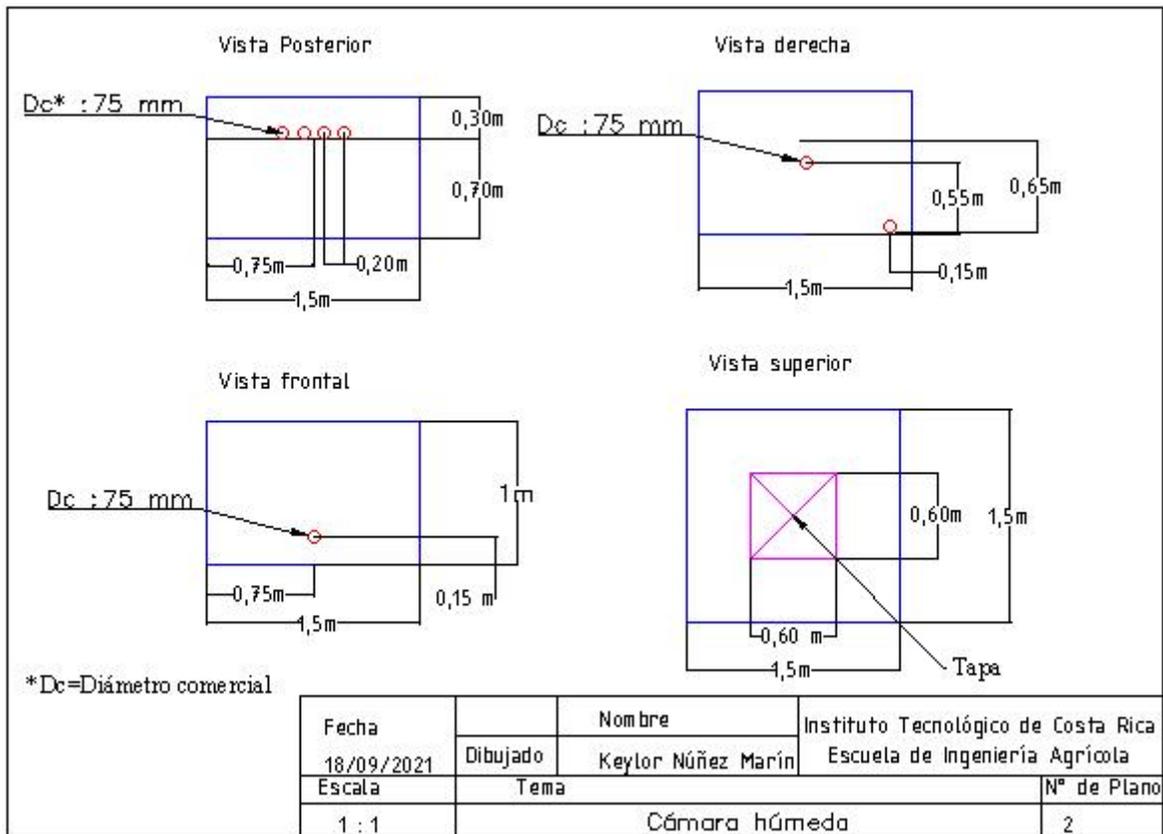
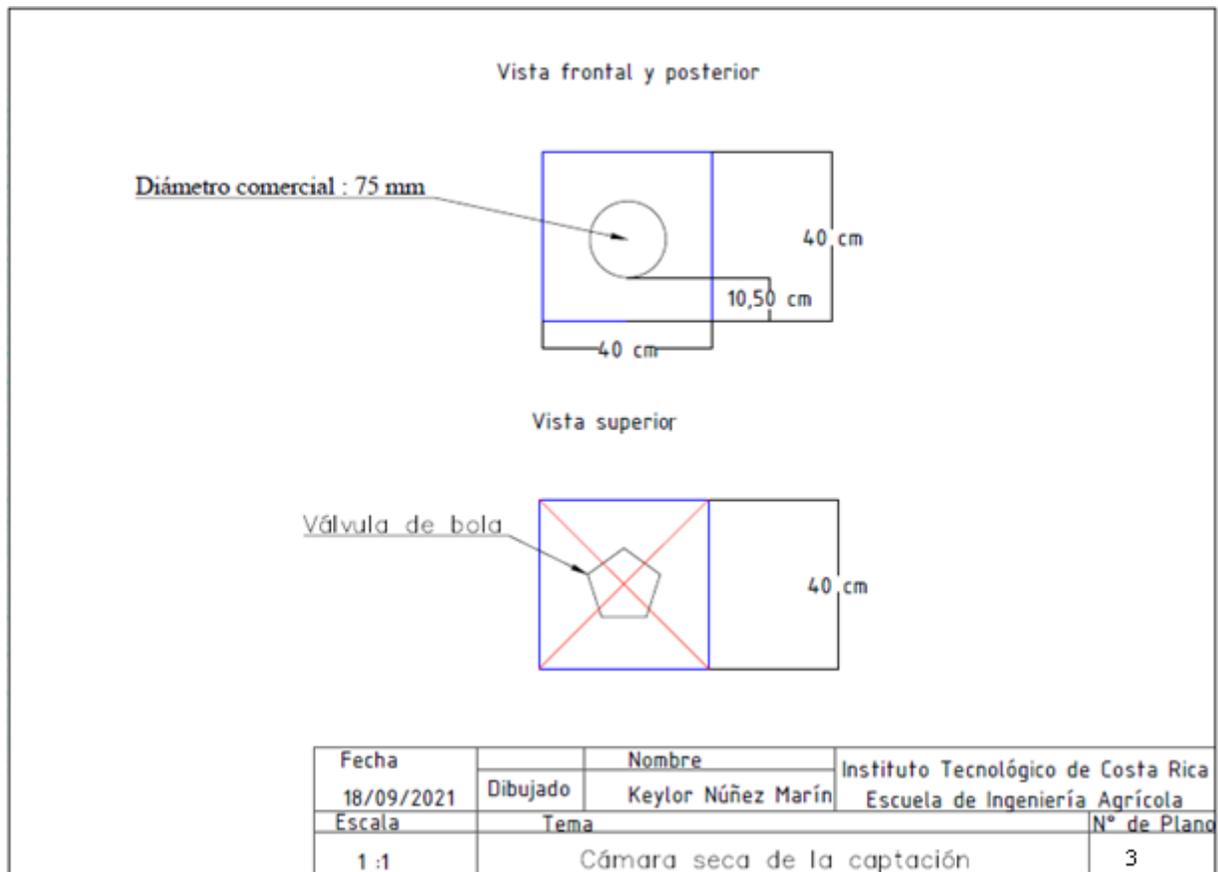


Figura 17. Plano constructivo de la cámara húmeda en la captación de la naciente El Salto

La figura anterior permite visualizar las medidas requeridas y la ubicación de puntos importantes para la construcción de la cámara húmeda. La tubería de rebose y salida se muestran en la “vista derecha”, así como las de la tubería de ingreso y salida dadas en la “vista posterior y frontal”. Además se observa la representación de la tapa para funciones de mantenimiento con dimensiones de 0,60 m x 0,60 m observada a través de la “vista superior”. Esta cámara tiene una capacidad de almacenamiento de 2,25 m<sup>3</sup>.

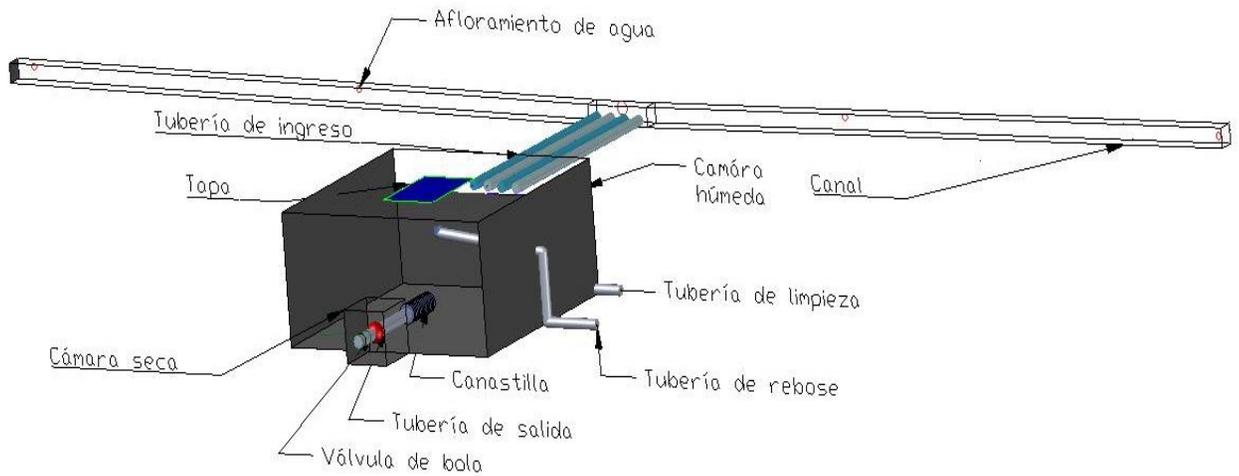
La dimensión de la cámara seca está en función de la válvula de bola a instalar. Las dimensiones obtenidas se observan en la Figura 18.



*Figura 18. Plano constructivo de la cámara seca de la captación*

Las dimensiones de esta cámara son vitales para proteger la válvula de corte o en este caso la válvula de bola. La cámara seca posee el espacio suficiente para la instalación de la válvula y su respectivo mantenimiento. En la parte superior la cámara seca posee una tapa metálica con dimensiones constructivas de 0,40 x 0,40 metros.

En la Figura 19 se presenta el diseño general de todos los complementos de la captación.



*Figura 19. Vista general de la obra de captación*

Se observa que las salidas de agua tanto de limpieza como de rebose están direccionadas al afluyente natural de la naciente. Además, la distancia entre el canal y la captación es de 1 metro debido a que el espacio para instalar la obra es limitado, es decir, tiene las dimensiones adecuadas para el funcionamiento de la captación pero se debe aprovechar al máximo el espacio disponible. Las estructuras dimensionadas deben ser construidas permitiendo que soporten esfuerzos por agentes externos, como la caída de suelo, rocas, entre otros.

En la Figura 20 se muestra el sitio donde se ubicará la captación.



*Figura 20. Sitio para la construcción de la obra de captación ( Fecha: 04/08/2021)*

Se observa que para la construcción de la obra de captación se debe realizar una remoción de la capa vegetal y una nivelación del sitio. Esto permite adecuar la zona para la instalación de la obra.

#### **4.5. Etapa 5: Diseño hidráulico y modelación**

##### **4.5.1. Diseño hidráulico**

La línea de conducción diseñada posee una cantidad considerable de puntos obtenidos a través del levantamiento topográfico. Esto dificulta presentar en el documento la totalidad de los valores obtenidos a través del diseño hidráulico. Debido a esto se seleccionó una muestra representativa de los puntos. Se decidió mostrar la información de 9 puntos, 3 puntos del inicio, 3 puntos de la zona del medio y 3 puntos del final. Para la selección de estos puntos se tomaron aspectos, tales como: puntos que presenten una carga dinámica mínima, la velocidad

predominante en el diseño hidráulica, las pérdidas primarias superiores y las cargas estáticas que represente la variación que se logra presentar en la línea de conducción. Además, se eligieron 3 puntos consecutivos con el fin de mostrar las diferencias de valores entre un punto y el otro. La información completa de la totalidad de los puntos obtenidos mediante el levantamiento topográfico se muestra en el Anexo 4 (en los Cuadros 32 y 33). En el Cuadro 18 se observan los resultados obtenidos para los 9 puntos seleccionados. Estos valores se obtuvieron a través de las ecuaciones 14 hasta la 20 y mediante la plantilla del excel construida.

*Cuadro 18. Información obtenida mediante el diseño hidráulico en 9 puntos del levantamiento topográfico*

Punto	Estacionamiento (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Diámetro (m)	Velocidad (m/s)	Pérdidas (m)	NP (msnm)	CD (m)	CE (m)	CÉDULA
1	0,00	0,0076	0,083	1,40	0,00	1692,73	0,40	0,40	SDR 32,5
2	25,22	0,0076	0,083	1,40	0,56	1692,17	13,45	14,01	SDR 32,5
3	33,44	0,0076	0,083	1,40	0,18	1691,99	11,67	12,41	SDR 32,5
21	501,06	0,0076	0,082	1,44	1,94	1681,49	72,51	83,74	SDR 26
22	541,98	0,0076	0,082	1,44	0,96	1680,53	67,13	79,33	SDR 26
23	561,61	0,0076	0,082	1,44	0,46	1680,07	69,03	81,69	SDR 26
52	1260,23	0,0076	0,083	1,40	0,11	1664,12	7,97	36,58	SDR 32,5
53	1268,80	0,0076	0,083	1,40	0,19	1663,93	7,47	36,27	SDR 32,5
54	1280,58	0,0076	0,083	1,40	0,26	1663,67	8,03	37,09	SDR 32,5

Se puede observar que el recorrido tiene una distancia final de 1280,58 metros mostrada en el punto 54. El caudal utilizado es el determinado a través del análisis de consumo hídrico de la comunidad La Enseñanza. El diámetro interno depende directamente de la cédula de la tubería seleccionada, además, debe permitir una velocidad de diseño menor al valor recomendado por el AyA de 1,5 m/s como se observa en el cuadro anterior. Para definir el valor del diámetro

interno de la tubería se utilizó el Cuadro 3 presente en el documento. La línea de conducción al no presentar velocidades excesivas induce a que no se presenten pérdidas elevadas, la pérdida por fricción de 1,94 metros es la mayor generada en el sistema. La carga dinámica y estática no superaron los 85 m.c.a, por esto se determinaron cédulas de tubería de SDR 32,5 y 26. Las especificaciones de la tubería se muestran en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Especificaciones de la tubería

Material	Tipo de junta	Cédula	Diámetro Comercial (pulg)
PVC	Empaque	SDR 32,5	3"
PVC	Empaque	SDR 26	3"

Las especificaciones del cuadro anterior son las características solicitadas que debe cumplir la tubería que se instalará en el proyecto. Se especifica el uso de tubería con junta por empaque, ya que esta permite una mayor flexibilidad de movimiento entre la unión de los tubos y esto favorece la protección de la tubería del sistema ante eventos sísmicos y derrumbes. Es importante mencionar que el cantón de Alvarado, al cual pertenece la comunidad de La Enseñanza, presenta una actividad sísmica considerable y derrumbes debido al exceso de lluvia. Debido a esto al instalar tuberías con junta por empaques se garantiza una mayor protección en el acueducto.

La ubicación de la tubería en el levantamiento topográfico según cédula se visualiza en la Figura 21.

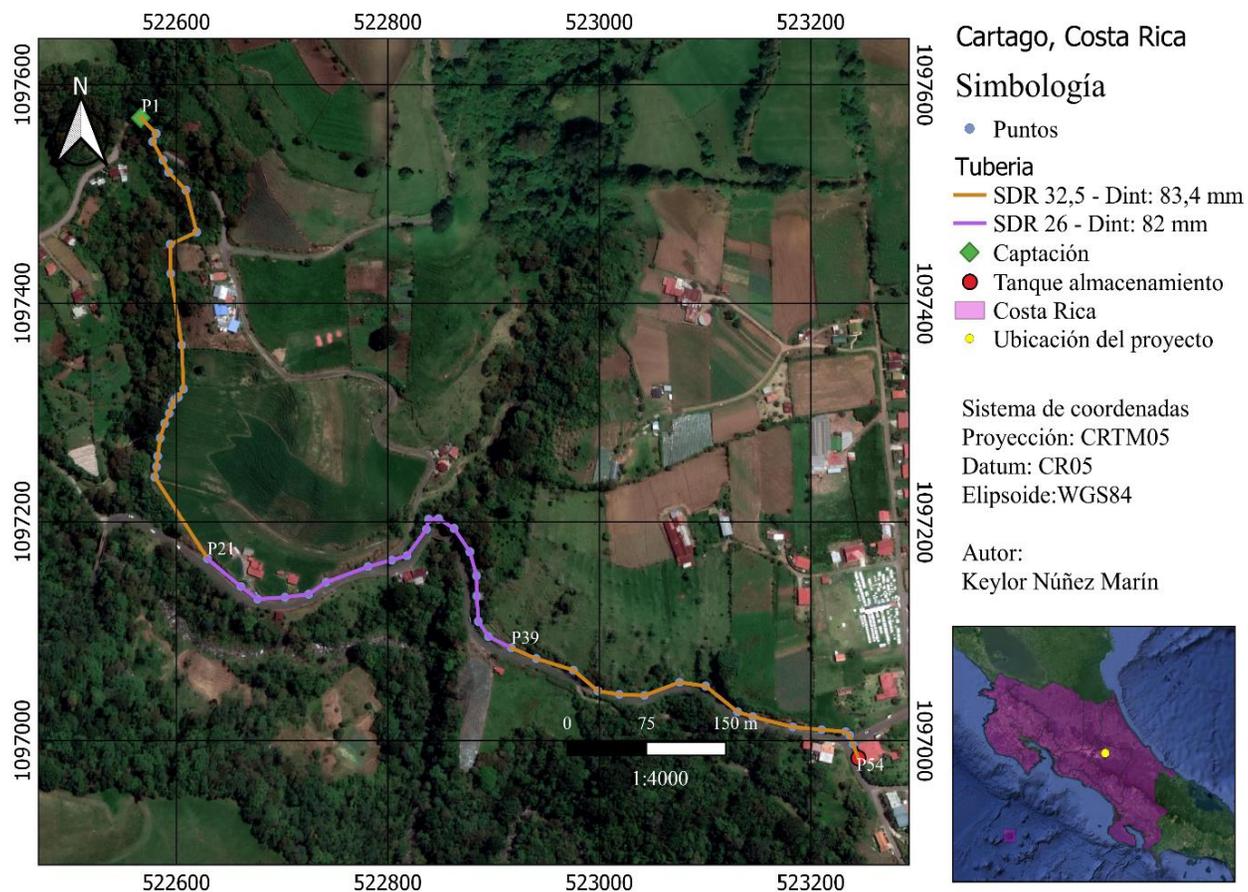


Figura 21. Distribución de la tubería de PVC según cédula

Se observa en la figura que la parte del recorrido comprendida entre el punto 21 y el 39 se debe instalar tubería con una cédula de SDR 26, debido a que es el sitio que presenta mayor carga estática en todo el recorrido. El resto de la tubería a instalar debe ser en cédula de SDR 32,5.

En la Figura 22 se puede observar la representación del perfil de la tubería mostrando una mejor perspectiva de las partes bajas o altas del recorrido. Además, esta figura permite ubicar los accesorios de protección de la tubería.

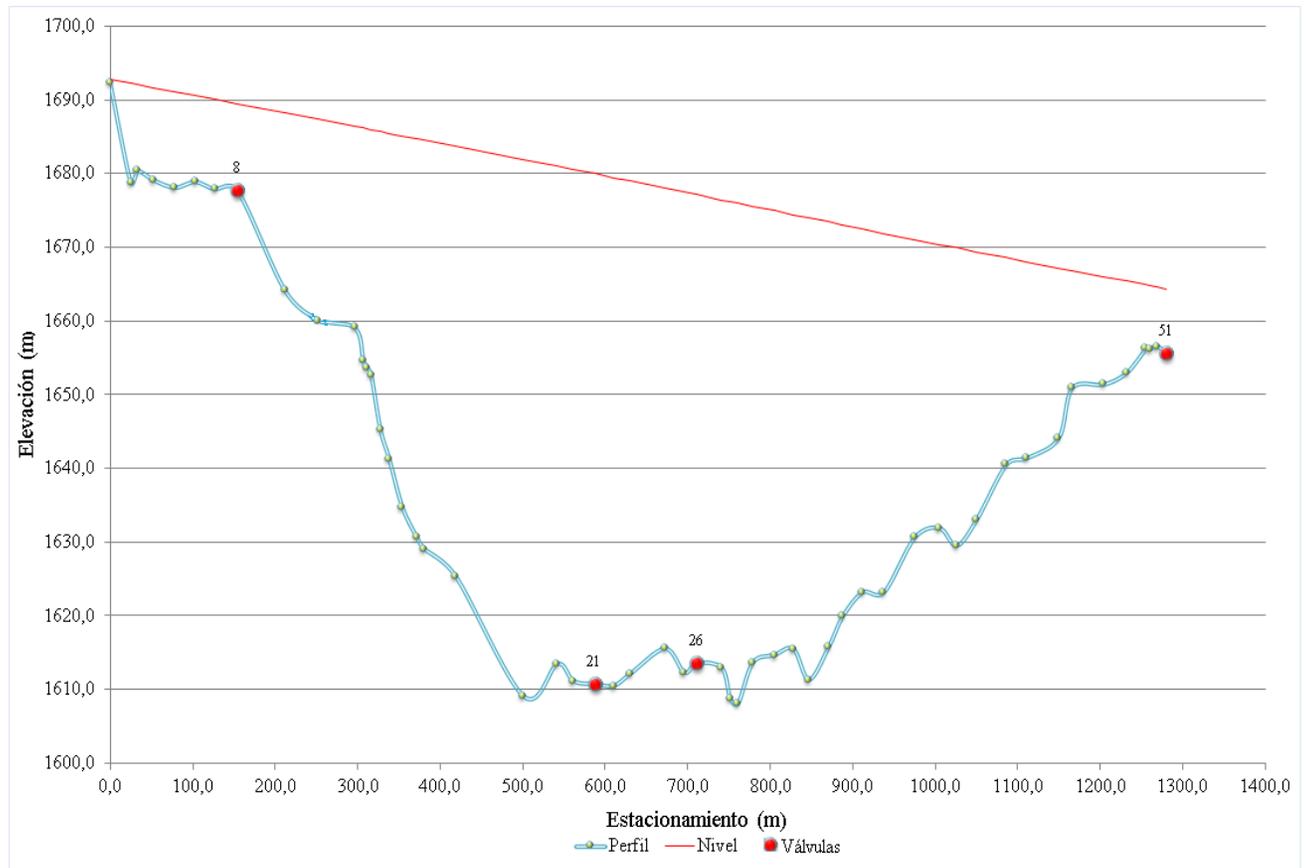


Figura 22. Perfil de la tubería en el terreno

Se observa en la Figura 22 una variación entre las cotas del terreno. Desde la captación la tubería va en descenso permitiendo acumular la energía necesaria para poder transportar el agua durante el ascenso a los tanques de almacenamiento.

Para evitar posibles fallos en la línea de conducción debido a la introducción de aire y residuos, se ubicaron en distintos puntos válvulas de aire y limpieza. En el punto 8 se da la ubicación de

una válvula de aire doble propósito con el fin de poder expulsar y admitir aire en el sistema cuando sea necesario. Se eligió el punto 8, ya que desde ese punto inicia el descenso más prolongado en el perfil de la tubería y esto puede inducir al efecto de vacío conocido como “chupamiento”. Este efecto de vacío se produce cuando la tubería no transporta el caudal adecuado o bien que por alguna ruptura se disminuye el caudal que debe transportar la tubería. Al no transportar el caudal adecuado la tubería empieza a llenar el vacío dejado por el agua con el aire, sin embargo, al no tener aire disponible la tubería empieza a reducir su área efectiva para adecuarse al caudal que está transportando. La válvula de aire permite admitir el aire necesario para llenar el espacio disponible para el transporte del agua en el sistema para protección de la tubería.

En el punto 21 se ubica una válvula de limpieza que facilita la eliminación de residuos que el sistema llegue a transportar y se acumulen en la parte baja de la conducción. El agua expulsada será transportada a través de la cuneta presente en la vía pública a un afluente natural de agua cerca de ese punto. Se eligió el punto 21, ya que representa uno de los puntos de menor cota en el recorrido de la tubería cumpliendo con lo dispuesto según la Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable de saneamiento y pluvial del AyA, además, su ubicación permite que el agua se dirija a un afluente natural. La distribución de una válvula de limpieza es sencilla, solo se debe colocar una válvula de bola en una tee instalada a la tubería. Esto va a permitir que no se afecte el flujo normal del agua en la tubería y solo cuando se requiere limpiar el sistema se abre la válvula de bola instalada.

La válvula de aire doble propósito ubicada en el punto 26, se ubicó en ese punto para eliminar el posible aire que pueda transportar la conducción y cumpliendo con la recomendación del AyA de una separación máxima de 400 metros hasta 800 metros entre válvulas.

En el punto 51 se da la ubicación de una válvula de aire doble propósito que cumple la misma función que la ubicada en el punto 8, para evitar el efecto de vacío en la tubería.

Es necesario conocer si el caudal transportado mediante la tubería es el determinado según el consumo hídrico de la Enseñanza. Debido a esto se especifica la instalación de dos macromedidores , uno al inicio y otro al final del recorrido de la tubería. La instalación de macromedidores permite conocer si hay fugas en la conducción o problemas por burbujas de aire en la tubería, efectos que disminuyen el caudal transportado en la tubería. Además, la Norma técnica del AyA vigente recomienda la instalación de la tubería a 1 metro de profundidad para evitar rupturas por maquinaria o alguna otra actividad. Al instalar la tubería a esa profundidad se disminuye la posibilidad de observar averías en la tubería, averías que se detectaran a través de la medición del caudal con los macromedidores.

En esta línea de conducción no se utiliza un sistema de filtrado, ya que, en la obra de captación se espera que por medio del efecto de precipitación, los residuos que ingresen a la captación sean depositados en el fondo y posteriormente eliminados mediante la tubería de limpieza. El agua por utilizar es de tipo manantial, por lo tanto, si la captación diseñada no permite el ingreso de residuos del exterior a la captación, se va a disminuir la posibilidad de transportar residuos a través de la línea de conducción.

Con el fin de tener una mejor noción del sitio donde se ubicarán las válvulas se muestra la Figura 23.

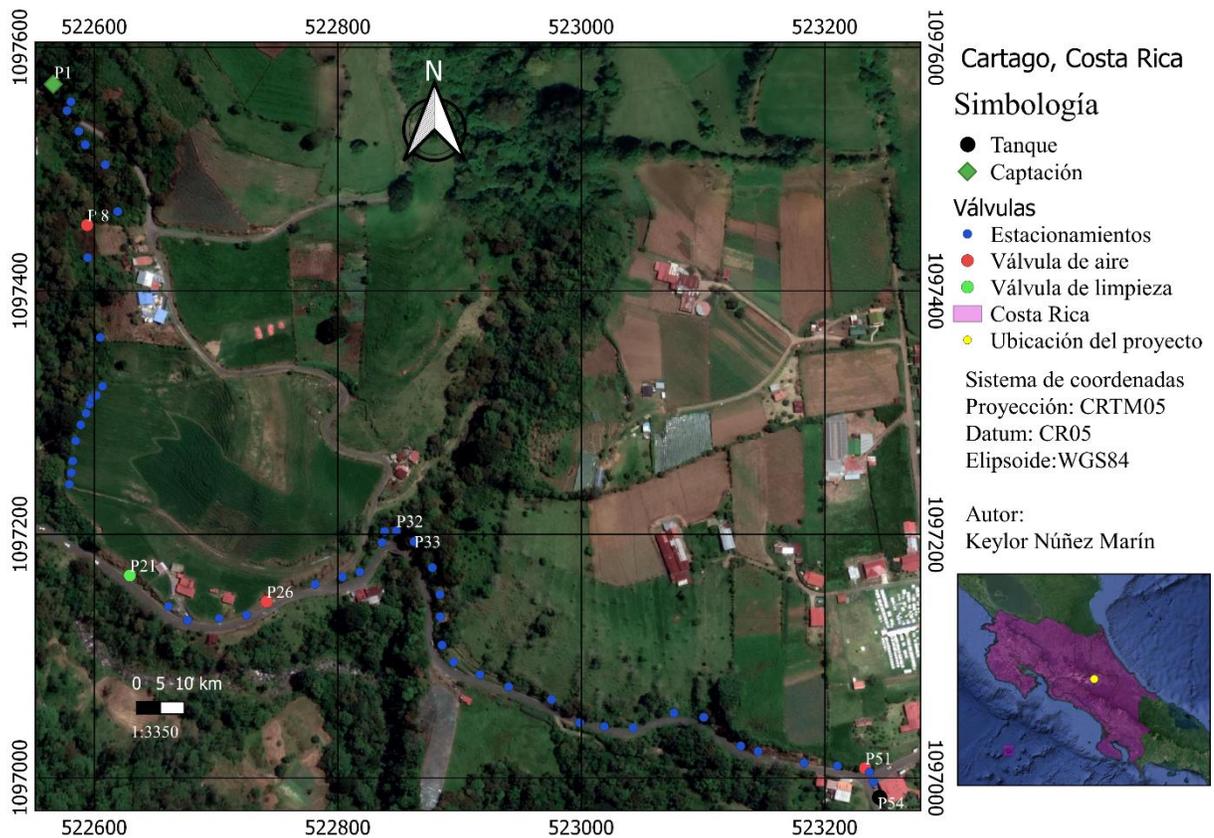


Figura 23. Ubicación de las válvulas en la zona de estudio

En la figura anterior se observa la ubicación de las válvulas de aire y limpieza en la zona de estudio. Las válvulas requieren de una fosa u obra de protección (similar a la mostrada en el Anexo 4, Figura 35), ya que, éstas deben tener facilidad de mantenimiento y espacio para cumplir su función. Las dimensiones recomendadas para la protección de las válvulas son 0,5 x 0,5 metros (largo y ancho) y 1 metro de profundidad. En la parte superior de la fosa de protección se instala una tapa metálica de la misma dimensión que la fosa.

En la figura anterior se muestran los puntos 32 y 33 que indican la ubicación de un puente en la calle pública por la cual recorrerá la línea de conducción. En este sitio se debe diseñar una estructura que permita el paso de los tubos sobre el afluente natural. La Figura 24 se presentan las dimensiones constructivas recomendadas para el soporte de la tubería. Las dimensiones

internas de la estructura se determinaron a partir de dos medidas que permitan la instalación adecuada de los tubos en el interior de esta. El posible diseño de la estructura se realizó a partir de la información obtenida a través del curso de Diseño de redes para abastecimiento de agua impartido en la escuela de Ingeniería Agrícola del Instituto Tecnológico de Costa Rica, impartido por Sergio Arrieta Quesada. Se indicó que se debe dimensionar una estructura que permita la protección e instalación adecuada de los tubos de la línea de conducción.

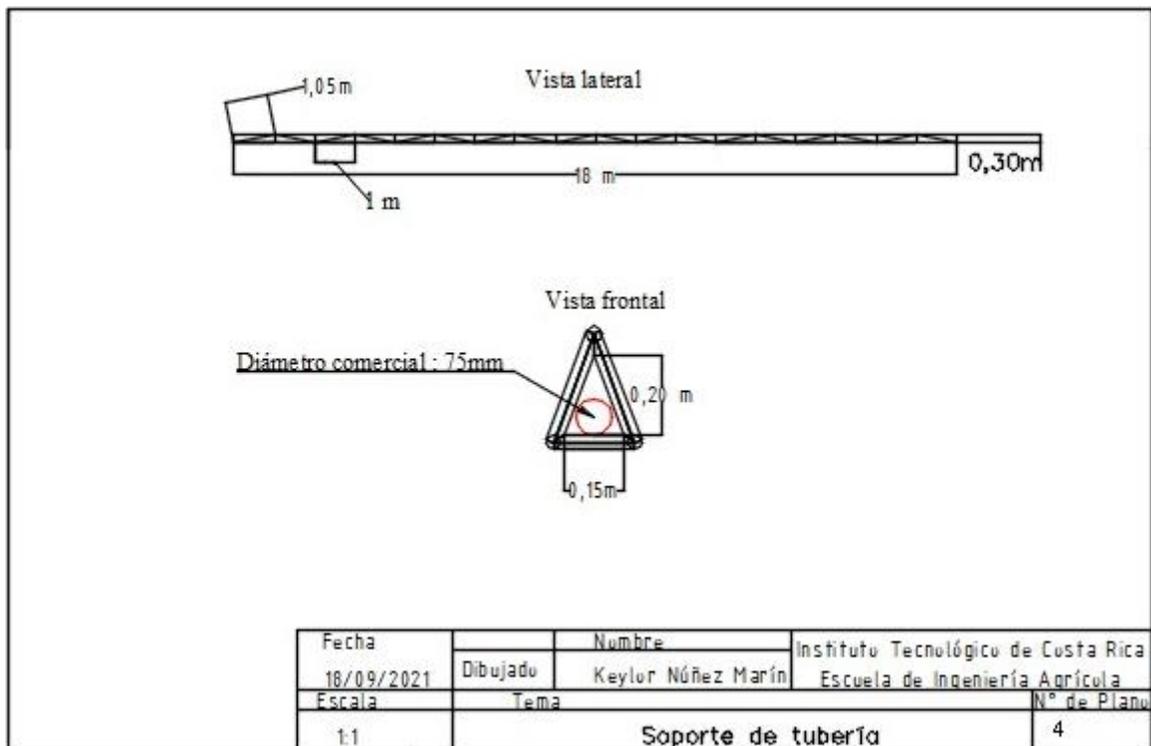
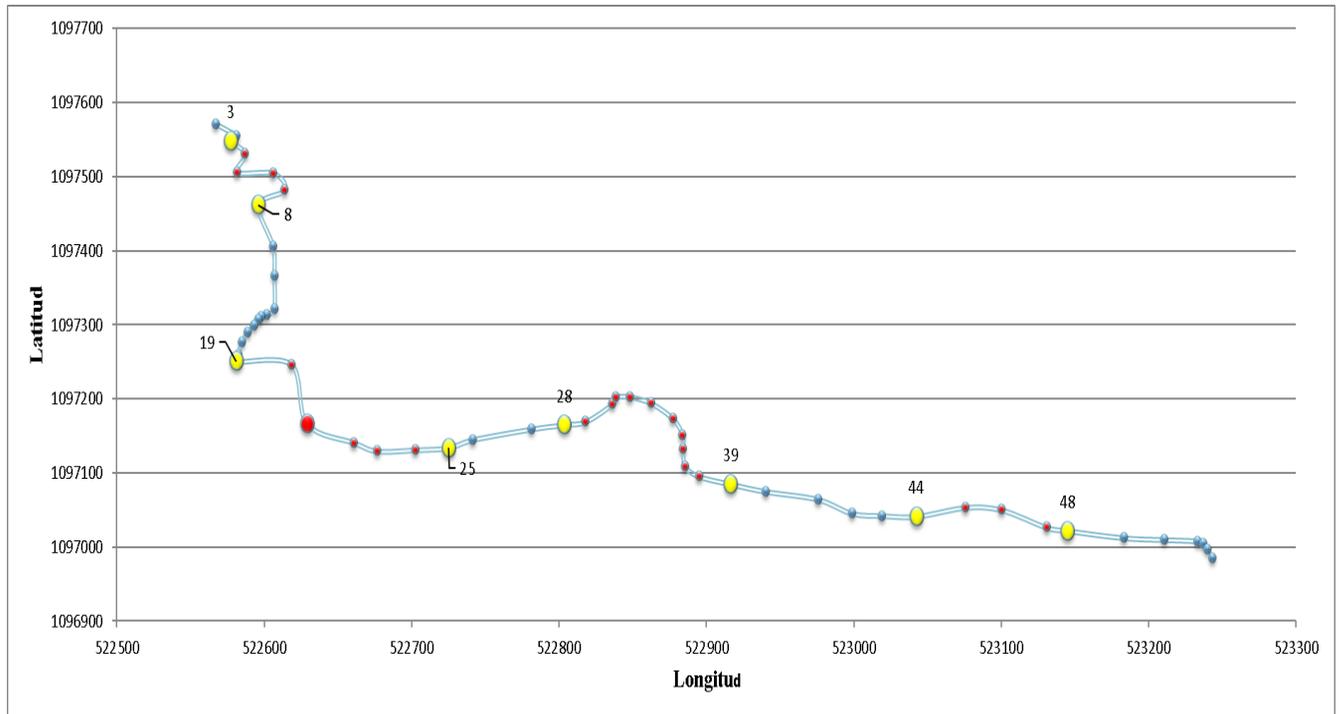


Figura 24. Plano constructivo del soporte de la tubería en el paso del afluente natural

La estructura mostrada contempla la unión de tres vigas tipo americana formando una estructura triangular como se observa en la “Vista frontal”. La unión de las vigas debe permitir obtener las dimensiones de 0,20 metros de altura y 0,15 metros de ancho en la parte interna de la estructura. Las vigas disponen de una separación de 1 metro entre cada soporte. La instalación de esta estructura deberá ser colocada en dos cimientos que se construirán en los márgenes del afluente del agua. Para una mejor visualización del soporte de la tubería observar el Anexo 4 en la Figura 36.

En la Figura 25 se muestra la vista en planta del recorrido de la tubería. Esto permite observar la variación de la dirección que sufre la tubería en diferentes trayectos y los posibles puntos donde se requiere la instalación de accesorios de conexión.



*Figura 25. Vista en planta del recorrido de la tubería*

La figura muestra los trayectos de mayor variación en la dirección de la tubería representados de color rojo a través de los puntos del levantamiento topográfico. Estos trayectos se establecen desde el punto 2 al 8, del 19 al 25, desde el 28 hasta el 39 y finalmente desde el punto 44 al 48. La cantidad de accesorios determinados se muestra en la sección del Análisis económico.

#### 4.5.2. Modelación mediante Epanet

Mediante la modelación en Epanet se logra visualizar la estabilidad del diseño propuesto. En la Figura 26 se observa la presión y la velocidad en el sistema de conducción obtenido a través de la modelación en Epanet.

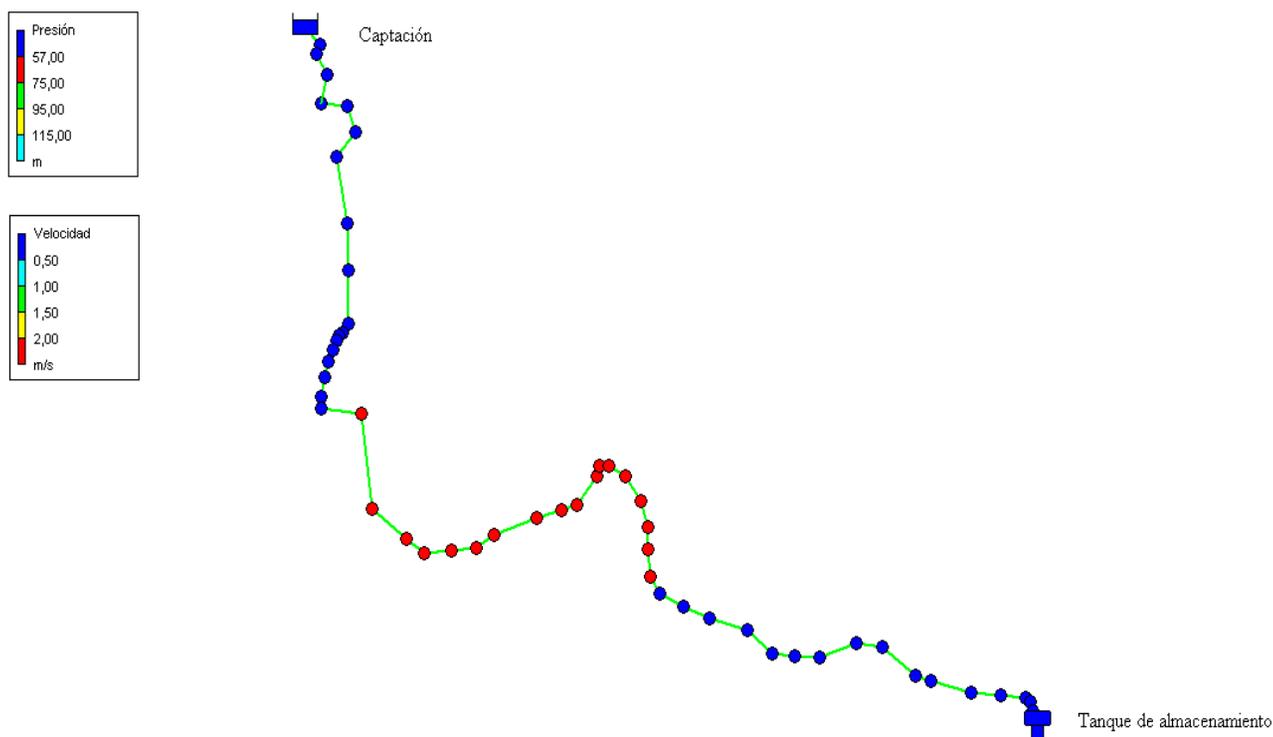


Figura 26. Modelación de la conducción en La Enseñanza

Se ostenta mediante el color presente en cada nudo la presión a la cual está sometida la tubería. En la parte baja se determinan presiones entre los 55 m.c.a y los 75 m.c.a representadas de color rojo, lugar que será protegido mediante tubería de mayor resistencia. El color azul en los nudos señala presiones menores a 57 m.c.a. La tubería se presenta en color verde debido al valor de la velocidad determinada, ya que, el valor máximo de velocidad del sistema está entre 1 a 1,5 m/s.

En el Anexo 4, Cuadro 34 se presentan los valores obtenidos a través de la modelación mediante Epanet. Los valores hidráulicos obtenidos a través de la modelación y el diseño hidráulico realizado son similares, teniendo mínimas diferencias. Esto indica que el diseño de la línea de conducción propuesta es adecuado para el transporte del agua a la comunidad de la Enseñanza, ya que, los valores obtenidos tanto en la modelación como el diseño hidráulico realizado cumplen con lo establecido en la Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable de saneamiento y pluvial del AyA para el diseño hidráulico.

#### **4.6. Etapa 6: Sistema de almacenamiento y potabilización**

##### **4.6.1. Tanque de almacenamiento**

La Enseñanza cuenta con tres tanques de almacenamiento, sin embargo, dos de ellos no están en funcionamiento. En la Figura 27 se puede observar los tanques que no están funcionando actualmente.



*Figura 27. Tanques de almacenamiento en desuso en La Enseñanza ( Fecha: 04/08/2021)*

Los tanques en desuso tienen una capacidad de almacenamiento de 18 m<sup>3</sup> cada uno. Estos tanques no se están utilizando actualmente debido a que presentan fallas en las tapas de ingreso utilizadas por funcionarios para labores de mantenimiento (ver Anexo 5, Figura 37). El tener problemas en las tapas puede favorecer al ingreso de residuos contaminantes al tanque. Es importante mencionar que el encargado de acueductos de la Municipalidad de Alvarado indicó que se realizará la reparación necesaria para tener la disponibilidad de los tanques en desuso para el abastecimiento de la población.

En la Figura 28 se presenta el tanque que actualmente almacena el agua para el abastecimiento de la comunidad.



*Figura 28. Tanque de almacenamiento en uso en La Enseñanza ( Fecha: 04/08/2021)*

El tanque de almacenamiento actualmente en uso tiene una capacidad de 40 m<sup>3</sup>. La capacidad de almacenamiento en conjunto de los 3 tanques existentes en La Enseñanza es de 76 m<sup>3</sup>.

En el Cuadro 20 se observa la capacidad de almacenamiento necesaria para el abastecimiento de la Enseñanza según la Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable de saneamiento y pluvial del AyA. Los valores se obtuvieron a través de las ecuaciones 21 y 22 y lo indicado por el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica respecto al volumen de reserva contra incendios.

*Cuadro 20. Volumen total del tanque de almacenamiento adecuado para La Enseñanza*

Regulación de consumo (VRC)	92	m <sup>3</sup>
Reserva contra incendios	15	m <sup>3</sup>
Reserva contra interrupciones (VRI)	109	m <sup>3</sup>
Volumen total de almacenamiento	216	m <sup>3</sup>

Se observa que el volumen de reserva contra incendios definido de 15 m<sup>3</sup> es el valor mínimo para sistemas de acueducto en zonas rurales establecido por Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica. Este valor se define debido a que La Enseñanza al ser una comunidad rural no presenta saturación de edificaciones y que muchos de los servicios que se abastecerán son de uso agrícola los cuales no requieren de un caudal disponible contra incendios.

El volumen de regulación de consumo de 92 m<sup>3</sup>, obtenido mediante la ecuación 21, permite poder subsanar los posibles picos de consumo que se den en diferentes periodos del día, por lo tanto, esto permite disminuir los problemas de faltante hídrico en los habitantes al realizar sus actividades diarias.

En el caso del volumen de reserva contra interrupciones de  $109 \text{ m}^3$ , obtenido a través de la ecuación 22, tiene la finalidad de permitir brindar el servicio aunque haya fallas en la red de abastecimiento, es decir, si en algún momento la captación o las tuberías que transportan el agua a los tanques sufren alguna avería, se cuenta con un volumen de agua que logra suplir el consumo hídrico de la población en un periodo definido de 4 horas.

El volumen total de  $216 \text{ m}^3$  representa la capacidad de almacenamiento que requiere la comunidad para abastecer y suplir cualquier inconveniente en el sistema de conducción.

Comparando el volumen actual disponible de  $76 \text{ m}^3$  y determinado anteriormente de  $216 \text{ m}^3$ , se establece un déficit de almacenamiento de  $140 \text{ m}^3$ . Esto significa que los tanques de almacenamiento existentes no tienen la capacidad suficiente para suplir las necesidades hídricas de la comunidad La Enseñanza.

#### **4.6.2. Sistema de potabilización**

La Municipalidad de Alvarado utiliza un sistema de potabilización tipo cloración, ya que, este es aprobado por el AyA. Este sistema requiere una cantidad mínima de elementos para su instalación y posterior funcionamiento. Debido a esto los tanques de almacenamiento de La Enseñanza cuentan con un sistema de potabilización tipo cloración mediante pastillas (Ver Anexo 5, Figura 38). En la Figura 29 se aprecia la estructura de protección del sistema de cloración.



*Figura 29. Estructura de protección del sistema de potabilización por cloración ( Fecha: 06/08/2021)*

El sistema de cloración mostrado en la figura anterior está ubicado en la parte superior del tanque y cuenta con una protección mediante un tubo de PVC de 4 pulgadas SDR17. Esta ubicación permite tener un fácil acceso para el cambio de las pastillas de cloración. El uso del PVC es para evitar la corrosión que puede generar el cloro en otros materiales.

Mediante la visita al campo para realizar la evaluación del sistema de potabilización se observó que el funcionamiento de este sistema es autosuficiente, es decir, no requiere de energía eléctrica u algún accesorio móvil. La simplicidad del funcionamiento se basa en la desviación de una pequeña porción del caudal principal que ingresa al tanque, este caudal pasa través de las pastillas de cloración que están a un 65% de ingrediente activo generando una disolución que permite potabilizar el agua del tanque.

Para determinar la concentración de cloro necesaria para potabilizar el agua de consumo de la comunidad, se debe realizar un análisis que permita determinar el valor del pH del agua y así definir la concentración adecuada de cloro para su potabilización.

El análisis realizado a la naciente El Salto por el Laboratorio Nacional de Aguas del AyA, determina que la concentración recomendada de cloro residual es de 0,8 mg/L (Ver Anexo 2, Figura 30 y 31). Ese valor representa el remanente del cloro disuelto en el agua en el proceso de desinfección, esto permite conocer cuánta solución de cloro debe ingresar al sistema. Para este proyecto no se puede determinar si la concentración del cloro es adecuada debido a que se está diseñando una línea de conducción nueva.

#### **4.7. Etapa 7: Análisis del impacto ambiental, social y del presupuesto para los materiales de construcción**

##### **4.7.1. Análisis de impacto ambiental**

La implementación de cualquier proyecto trae afectación directa o indirectamente al medio ambiente. Inicialmente se llenó el formulario D1 del Setena con el fin de conocer el plan regulador que se establece dependiendo de la calificación obtenida. La calificación obtenida mediante la evaluación es de 264 (Ver Anexo 6, Figura 39), esto significa que para llevar a cabo el proyecto se requiere una Declaración Jurada de Compromisos Ambientales, no obstante, se realizó la evaluación del Estudio del Impacto Ambiental para mostrar los posibles impactos ambientales del proyecto.

En el Cuadro 21 se muestran los aspectos evaluados a través de la matriz de Arboleda para identificar los factores que generan un mayor impacto, ya sea positivo o negativo.

Cuadro 21. Acciones susceptibles evaluadas a través de la matriz de arboleda

Etapa	Fase	Acción susceptible a producir impacto (ASPI)
Preparación	Preparación del sitio para la captación e instalación de tuberías	Limpieza del sitio
		Nivelación y relleno del sitio
		Excavación
		Operación de maquinaria
Construcción	Construcción de estructuras	Transporte de materiales
		Obra gris
		Colocación de tuberías
		Contratación de personal
Mantenimiento y funcionamiento	Mantenimiento y funcionamiento del sistema de conducción	Mantenimiento de la captación
		Mantenimiento de la línea de conducción
		Funcionamiento del sistema de conducción

Los elementos evaluados son todas aquellas actividades que generan alguna afectación en los factores físicos, bióticos y socioeconómicos. Las acciones identificadas son las que se presentaron en el Cuadro 21, estas acciones se subdividen en aspectos ambientales. El desarrollo completo de la matriz de arboleda se muestra en el Anexo 6, Cuadro 35.

En el Cuadro 22 se muestra la clasificación de los impactos ambientales identificados.

*Cuadro 22. Evaluación del impacto ambiental generado por las actividades a desarrollar*

<b>Impactos ambientales</b>			
<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>		
	<b>Total</b>	<b>Negativos</b>	<b>Positivos</b>
Irrelevante	13	13	
Moderado	1		1
Severo	2	1	1
Grave	0		
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>2</b>

Según lo observado en el cuadro de los 16 impactos ambientales determinados, 13 de ellos son irrelevantes y 1 moderado. Se determinaron dos impactos ambientales severos, sin embargo, solo uno de ellos requiere de una medida de contingencia. En el Cuadro 24 se observa la medida de contingencia para este impacto.

Cuadro 23. Medida de mitigación para el impacto ambiental severo generado

<b>Acción susceptible a producir impacto (ASPI)</b>	<b>Aspectos ambientales</b>	<b>Descripción del impacto</b>	<b>Factor ambiental (Físico, Biótico, Socioeconómico)</b>	<b>Impacto ambiental</b>	<b>Acciones para mitigar el impacto</b>
Obra gris	Deterioro del paisaje natural	Trastorno en la calidad visual del sitio debido a la construcción de la captación	Biótico y Físico	Severo	Incluir plantas ornamentales en el sitio o pintar la captación con diseños llamativos para que la belleza del sitio no se distorsione

La acción de mitigación descrita en el cuadro anterior permite reducir el impacto que genera la construcción de la captación respecto al paisaje del sitio.

#### 4.7.2. Análisis de impacto social

La población de La Enseñanza depende del abastecimiento de una sola naciente denominada el Coliblanco, servicio que se ve afectado por las excesivas lluvias y sismos en la zona. Mediante la iniciativa de la Municipalidad de buscar nuevas fuentes de abastecimiento para diferentes poblados, se realizó el diseño del sistema de conducción para la Enseñanza con el fin de mejorar el servicio presente y garantizar una mayor seguridad hídrica a la población.

En el Cuadro 24 se muestran los servicios existentes que se verán beneficiados mediante el desarrollo del sistema de conducción diseñado. Estos datos se obtuvieron a partir información aportada por el departamento de Acueductos de la Municipalidad de Alvarado.

*Cuadro 24. Servicios existentes que se verán beneficiados con la implementación del sistema de conducción*

<b>Tipos de servicio de abastecimiento de agua</b>	<b>Total de tomas</b>
Domiciliarias	177
Lotes agrícolas	18
Bodegas	2
Restaurante	1
Centro de acopio	1
Industria	3
Comercio	2

Los servicios domiciliarios representan una población actual de 708 personas, habitantes que serán beneficiados a partir de la implementación del sistema diseñado que comprende la captación y la línea de conducción. Además, todos los servicios anteriormente mostrados tendrán a su disposición el suficiente recurso hídrico para realizar sus actividades.

El funcionamiento eficiente del sistema de conducción se cumple con la mejora de los tanques de almacenamiento existentes en la Enseñanza, ya que, con la evaluación realizada en el apartado 4.6.1 de este documento, se determinó que no presentan la capacidad adecuada de almacenamiento. Es importante mencionar que el sistema de conducción diseñado, aún sin aumentar la capacidad de almacenamiento de los tanques existentes, debe de mejorar la calidad de vida y el desarrollo de las actividades productivas de los habitantes en la Enseñanza, ya que proveerá el recurso hídrico necesario a la comunidad.

Mediante un análisis de la población de las zonas aledañas a La Enseñanza, se podría aumentar la cobertura del servicio de abastecimiento, pero, este análisis se encuentra fuera del límite establecido para el proyecto.

### 4.7.3. Análisis del presupuesto para los materiales de construcción

La construcción de las obras presentes en la captación y la línea de conducción, requieren una inversión en la adquisición de los materiales necesarios para cumplir con el diseño propuesto en este documento. Para definir los materiales necesarios para cada obra, se contó con la ayuda de un Ingeniero en construcción egresado del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

#### 4.7.3.1. Materiales asociados a la construcción de la captación

La captación cuenta con dos partes: el canal y las cámaras húmeda y seca. Los precios por unidad y total de los materiales asociados a la construcción del canal (Figura 16) se presentan en el Cuadro 25.

*Cuadro 25. Precio de los materiales de construcción del canal en la captación*

Elemento	Indicaciones	Cantidad	Cotizado en:	Precio por unidad (Fecha: 22/10/2021)	Total
Varilla de construcción	Deformado grado 40 1/2 pulg	13	EPA	¢4.250,00	¢55.250,00
Cemento	Saco 50 kg	2	EPA	¢6.750,00	¢13.500,00
Clavos de acero	2,7x25mm (250 unidades)	2	EPA	¢3.150,00	¢6.300,00
Adhesivo	600 ml : Se sugiere Epóxico masistik 590	2	EPA	¢22.500,00	¢45.000,00
Material de repello para la pared	Saco 25 kg: Se recomienda muro seco blanco repemax 125	2	EPA	¢5.695,00	¢11.390,00
Lamina de hierro	Negro; 122x244 cm (espesor:1,58mm)	2	EPA	¢49.500,00	¢99.000,00
Angular	30x30x 3 mm, 1/8"	6	EPA	¢7.295,00	¢43.770,00
Malla electrosoldada	2,20x6m (espesor: 5,30mm)	2	Construplaza	¢30.000,00	¢60.000,00
Total					¢274.210,00
<b>Total (5 % de consumibles y 10 % de imprevistos)</b>					<b>¢316.000,00</b>

Los materiales propuestos permiten realizar la construcción del canal para el transporte del agua. El canal está conformado por una estructura metálica realizada a partir de las varillas de construcción, formando la forma geométrica rectangular del canal mostrado en la Figura 16. El adhesivo permite la unión entre el soporte de la estructura metálica con la pared rocosa donde se instalará el canal.

La determinación de los precios de los materiales se realizó mediante la página en línea que presentan las empresas EPA y Construplaza. El valor obtenido de los materiales a la fecha de la cotización es de 274.000 colones, sin embargo, se debe agregar un 15% extra debido a consumibles e imprevistos de los materiales. Agregando el 15 % extra al valor obtenido se tiene que el presupuesto de los materiales para la construcción del canal es 316.000,00 colones. Este presupuesto de materiales no contempla el valor extra que puede generar el transporte de los materiales hasta el sitio de construcción.

Los precios por unidad y total de los materiales requeridos para la construcción de la cámara húmeda (Figura 17) y seca (Figura 18) de la captación se reflejan en el Cuadro 26.

Cuadro 26. Precios de los materiales de construcción de la cámara húmeda y seca

Elemento	Indicaciones	Cantidad	Cotizado en:	Precio por unidad (Fecha: 22/10/2021)	Total
Block	12x20x40 cm	80	EPA	₡ 440,00	₡ 35.200,00
Pintura	Impermeabilizante: Se recomienda Fastil gris Sur (1 galón)	1	EPA	₡ 17.950,00	₡ 17.950,00
Varilla de construcción	Deformado grado 40 1/2 pulg	10	EPA	₡ 4.250,00	₡ 42.500,00
Material de repello para la pared	Saco 25 kg: Se recomienda muro seco blanco repemax 125	6	EPA	₡ 5.695,00	₡ 34.170,00
Malla electrosoldada	2,20x6m (Espesor 5,30mm)	4	Construplaza	₡ 30.000,00	₡ 120.000,00
Cemento	Saco 50 kg	4	EPA	₡ 6.750,00	₡ 27.000,00
Mampostería pega Block	Saco 50 kg	5	EPA	₡ 6.250,00	₡ 31.250,00
Arena	fina (m <sup>3</sup> )	1	Construplaza	₡ 22.000,00	₡ 22.000,00
Grava	piedrilla cuarta( m <sup>3</sup> )	1	Construplaza	₡ 16.000,00	₡ 16.000,00
Lamina de hierro	Negro; 122x244 cm (espesor: 1,58mm)	1	EPA	₡ 49.500,00	₡ 49.500,00
Válvula de bola	SDR26 3"	1	COPRODESA	₡ 15.572,70	₡ 15.572,70
Angular	30x30x 3 mm, 1/8"	2	EPA	₡ 7.295,00	₡ 14.590,00
Total					₡ 425.732,70
<b>Total (5 % de consumibles y 10 % de imprevistos )</b>					<b>₡ 490.000,00</b>

Los materiales especificados en el cuadro permiten realizar las estructuras de la cámara húmeda y seca de la captación. Los blocks deben ser colocados en una estructura comprendida por una armazón en varillas de construcción que permitan crear una obra sismo resistente. Para determinar la cantidad de cemento, grava y arena necesario en la estructura se utilizó el Anexo 6, Figura 40. La cantidad de grava y arena determinada es la necesaria para realizar las estructuras del canal, cámara húmeda y seca.

El valor total de los materiales de la cámara húmeda y seca es de 490.000 colones. Es necesario indicar que la mano de obra no se consideró debido a que no se ha establecido si la construcción la realizará la municipalidad o será una empresa externa.

El costo total de la captación es de 806.000 colones, obtenido a partir del valor de los materiales del canal de 316.000 colones y presentados por la cámara húmeda y seca de 490.000 colones.

#### 4.7.3.2. Materiales asociados a la línea de conducción

La línea de conducción está distribuida en una longitud de 1280,58 metros. La distribución se mostró en la Figura 21. En el cuadro 27 se presentan las cantidades de tubos requeridos para la instalación de la línea de conducción dependiendo de la cédula de la tubería.

*Cuadro 27. Cantidad de tubería determinada a partir de cada tipo de cédula*

Longitud(m)	Cédula	Cantidad Tubos	Tubos + (10%) tubería extra	Diámetro	Especificaciones
806	SDR 32,5	136	153	3"	Empaque
475	SDR 26	80	90	3"	Empaque

La longitud estándar de un tubo de PVC es de 6 metros, sin embargo, al introducir un tubo en la campana de unión del otro provoca que la distancia efectiva de este se reduzca a 5,925 metros. A partir de esta longitud se determina la cantidad de tubos presentes en el cuadro anterior. Se agrega un 10 % de tubos extra (recomendación de Ing. Fernando Watson profesor de Escuela Ingeniería Agrícola) debido a posibles daños que pueda sufrir la tubería durante la instalación y también para subsanar un posible faltante de tubería durante el desarrollo del proyecto. Se espera que de los 153 tubos cédula SDR 32,5 se utilicen 3 tubos para la tubería requerida en la captación. Se requieren 90 tubos en cédula SDR 26.

Para determinar el número de accesorios de conexión se utilizó el diseño en planta mostrado en la Figura 25, así como los trayectos de mayor variación. En el Cuadro 28 se muestra la cantidad de accesorios de conexión que permiten el adecuado recorrido de la tubería a instalar.

*Cuadro 28. Cantidad de accesorios de conexión*

Accesorios	Elementos determinados	Elementos adicionales (20%)	Total	Cédula	Diámetro(pulgadas)	Especificaciones
Codos 45	25	5	30	SDR 32,5	3"	Empaque
Codos 45	17	3	20	SDR 26	3"	
Tee	1		1	SDR 27	3"	

El accesorio predominante por utilizar es el codo de 45°, es un accesorio que da seguridad al sistema, ya que, no genera un cambio de dirección brusco en la dirección del agua. Esto reduce el riesgo de generar el efecto de golpe de ariete. Se determinó un 20% extra de accesorios para asegurar que no se tendrá un déficit en el desarrollo de línea de conducción. Se obtiene un total de 30 codos en cédula SDR 32,5 y 20 en cédula SDR 26. Los accesorios deben soportar la misma presión que la tubería en el punto que se instalan por esto se debe conocer la cédula. También, se requiere de una Tee para la instalación de la válvula de limpieza.

En el Cuadro 29 se presenta la cantidad de accesorios de protección y las especificaciones que se requieren para ser utilizados en la línea de conducción.

*Cuadro 29. Cantidad y especificaciones de los accesorios de protección para la línea de conducción*

<b>Accesorio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Especificaciones</b>
Válvula de aire	3	2"	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil instalación</li> <li>• Permita la admisión y expulsión del aire</li> <li>• Diámetro de 2" especificado</li> </ul>
Válvula de bola	3	3"	Lisa o empaque
Macromedidor	2	3"	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permita la medición de un caudal, menor, igual o superior al establecido de 7,6 l/s</li> <li>• Permitir su instalación en tubos de 3"</li> <li>• Indicar los elementos necesarios para su instalación</li> </ul>

Se observa que además de las válvulas de aire y el macromedidor, de los cuales, ya se había mencionado la cantidad a utilizar en la sección 4.5.1 del diseño hidráulico, se requiere de tres válvulas de bola, dos para la apertura o cierre del sistema y la utilizada en la válvula de limpieza.

Para determinar el valor de los materiales de la línea de conducción se solicitó una cotización a las empresas Durman y a COPRODESA. Para realizar la cotización se le envió una lista de materiales a cada empresa con la información aportada por los Cuadros 27, 28 y 29. Cada empresa realizó una cotización con los materiales disponibles y cumpliendo con las indicaciones establecidas. La cotización realizada por Durman se muestra en el Anexo 6, Figura 41 y la realizada por COPRODESA en el Anexo 6, Figura 42. Como se observa en los anexos mencionados anteriormente las cotizaciones presentan una variación respecto a los productos cotizados, específicamente en la marca de la válvula de aire y el macromedidor. Los demás elementos como empaques, arandelas, flanger, entre otros, son característicos del tipo de macromedidor a instalar. En el caso de la variación de la cantidad de tubos se dio como parte

del servicio de asesoría de la empresa Durman, está sugirió utilizar un 5% como porcentaje para definir los imprevistos en la colocación de la tubería. La empresa COPRODESA sí utilizó la cantidad de tubos determinada a partir del 10% de imprevistos, mostrado en el Cuadro 27.

La cotización realizada por Durman indica que los materiales tendrían un valor de 21.179.816 colones, mientras que la realizada por COPRODESA valdría 10.901.804 colones. Se observa que las cotizaciones presentan una variación de 10.278.000 colones. La variación de la cotización se da principalmente por la diferencia en el precio de los tubos. En la empresa Durman indica que un tubo de 3 pulgadas SDR 26 tiene un valor de 77.000 colones, mientras que la empresa COPRODESA para un tubo de 3 pulgadas SDR 26 indica un precio de 33.000 colones, esto representa una variación de un 57% entre el precio dado por Durman y el de COPRODESA. El porcentaje de 57% es representativo para la variación los precios en los tubos de 3 pulgadas SDR 32,5 indicados por las empresas.

Con el fin de dar un criterio aceptado para elegir ya sea la cotización de Durman o COPRODESA, se realizó una consulta del precio de la tubería en la ferretería Construplaza. Esta cotización del precio de la tubería en una tercera empresa es con el fin de determinar si los precios indicados por Durman y COPRODESA están dentro del mercado disponible. El precio de un tubo SDR 26 de 3 pulgadas en Construplaza tiene un valor de 51.800 colones (Cotizado el: 08/11/2021). Comparando ese valor con los indicados por las otras empresas, se tiene una variación de 25.200 colones ( 77000 colones - 51800 colones) con el precio indicado por Durman para el tubo SDR 26 de 3 pulgadas y de 18.800 colones ( 51800 colones – 33000 colones) en COPRODESA para el tubo SDR 26 de 3 pulgadas. Mediante esto se puede determinar que los precios sugeridos por COPRODESA indican una mayor proximidad a los disponibles en el mercado. Esto permite utilizar la cotización realizada por COPRODESA como el valor representativo de los materiales para la línea de conducción.

Se elige la empresa COPRODESA para representar el valor de la línea de conducción, ya que, su cotización cumple con las características solicitadas respecto a los materiales y representa un valor económico menor en la adquisición de estos respecto a la presentada por

Durman. Al valor de 10.901.804 colones obtenido a través de la cotización de COPRODESA, se le debe agregar el 15% extra debido a imprevistos y gastos en consumibles que se puedan presentar durante el desarrollo de la obra. Se obtiene un valor total de los materiales de la línea de conducción de 12.540.000 colones.

La estructura diseñada para el paso de la tubería, mostrado en la Figura 24 anteriormente, debe ser analizada por un profesional competente en al área de construcción y también debidamente presupuestada. En el Cuadro 31 se muestran los materiales y precios que una estructura de paso de tubería puede requerir, esto con el fin de definir un posible presupuesto.

*Cuadro 30. Precios de los materiales asociados a la construcción de la estructura de soporte para el paso de la tubería.*

Elemento	Indicaciones	Cantidad	Cotizado en:	Precio por unidad (Fecha: 22/10/2021)	Total
Tubo	redondo 5x5x600cm (Espesor: 1,5 mm)	18	Construplaza	¢14.250,00	¢256.560,00
Cemento	Saco 50 kg	3	EPA	¢6.750,00	¢20.250,00
Varillas	Deformado grado 40 1/2 pulg	8	EPA	¢4.250,00	¢34.000,00
Soldadura	1/8 de" 1 kg :Se recomienda la Lincoln 6013	5	EPA	¢4.095,00	¢20.475,00
Disco de cortar metal	9 pulgadas : Se recomienda usar discos Dewalt (Disponibilidad en el mercado)	10	EPA	¢2.875,00	¢28.750,00
Total					¢360.000,00
<b>Total (5 % de consumibles y 10 % de imprevistos)</b>					<b>¢ 415.000,00</b>

La cantidad de materiales especificados permiten la construcción de la estructura de soporte. Los cimientos de la estructura de soporte de la tubería tendrán las siguientes dimensiones: 30 x 40 x 50 centímetros. Se determina un valor total de la obra de 415.000 colones.

El valor total de los materiales asociados a la línea de conducción es de 12.955.000 colones. Este valor se obtuvo a partir de la suma de los materiales de la línea de conducción de 12.540.000 colones y los determinados para el soporte de la tubería de 415.000 colones.

#### **4.7.3.3. Valor total del diseño planteado del sistema de conducción (Fecha: 09/11/2021)**

Las obras propuestas tienen valores asociados debido a los materiales de construcción de 806.000 colones en el caso de la captación y de 12.955.000 colones en la línea de conducción. A partir de esos valores se determina el valor total de los materiales del proyecto planteado, obteniendo un valor de 13.761.000 colones .

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones

- a. La demanda hídrica establecida para La Enseñanza es de 7,6 l/s para una población de diseño de 2725 habitantes considerando un consumo rural de 200 l/p/d
- b. La captación diseñada cuenta con una cámara húmeda con capacidad de almacenamiento de 2,25 m<sup>3</sup>. Además, un canal de conexión con capacidad de transporte de 18 l/s y una cámara seca de dimensiones de 0,40 x 0,40 x 0,40 metros
- c. La conducción diseñada para el transporte del agua cuenta con un recorrido de 1280, 6 metros y un diámetro comercial de 75 milímetros en tubería de PVC con cédulas de SDR 32,5 y SDR 26 en diferentes trayectos. El valor de la velocidad en el recorrido es inferior a 1, 5 m/s establecido por el AyA
- d. Los tanques de almacenamiento existentes no cumplen con el volumen requerido para suplir las necesidades hídricas de La Enseñanza según lo establecido en la Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable de saneamiento y pluvial del AyA, ya que, tienen un déficit en la capacidad de almacenamiento de 140 m<sup>3</sup>
- e. El sistema de desinfección existente es de tipo cloración mediante pastillas y permite una fácil manipulación y ahorro económico debido a su funcionamiento, además de potabilizar el agua que requiere la comunidad
- f. Mediante el formulario D1 del SETENA se obtuvo una calificación de 264 puntos, indicando que se debe realizar una Declaración Jurada de Compromisos Ambientales para cumplir lo establecido en la ley respecto a los impactos ambientales que puede generar la implementación del proyecto
- g. El análisis de impacto social realizado establece que con la implementación del proyecto se beneficiaría aproximadamente a 708 habitantes y mejoraría los servicios presentes en la Enseñanza, ya que, dispondrían del recurso hídrico necesario para realizar sus actividades

- h. El valor total del presupuesto para los materiales de construcción del proyecto planteado es de 13.761.000 colones (Fecha:09/11/2021)

## **5.2. Recomendaciones**

- a. Instalar medidores para determinar el consumo real de los habitantes en La Enseñanza y poder diseñar la conducción con base en las necesidades reales de la comunidad
- b. Asegurar la limpieza y mantenimiento de áreas aledañas a la naciente, así como construir estructuras de mallado que protejan la captación
- c. Adquirir un nuevo terreno el cual permita la construcción de un tanque de almacenamiento con la capacidad para suplir el déficit de almacenamiento determinado
- d. Realizar un análisis de cloro residual para establecer la dosis exacta requerida en los tanques de abastecimiento
- e. Se recomienda la evaluación de las estructuras diseñadas en el proyecto planteado por parte de un Ingeniero civil o de construcción
- f. Instalar válvulas de control de nivel en los tanques de almacenamiento, ya sea, un sistema de válvula de flotador o uno con válvula de control eléctrico

## **VI. BIBLIOGRAFÍA**

- Arboleda, J. (2008). *Manual de evaluación de impacto ambientales de proyectos, obras o actividades*.  
[https://www.academia.edu/14204956/Manual\\_de\\_evaluación\\_de\\_impacto\\_ambiental\\_EI\\_A\\_de\\_proyectos\\_obras\\_o\\_actividades](https://www.academia.edu/14204956/Manual_de_evaluación_de_impacto_ambiental_EI_A_de_proyectos_obras_o_actividades)
- Arrieta, S. (2021). *Notas del curso: Diseño de redes para abastecimiento de agua*.
- AyA. (2016). *Política Nacional para el Subsector de Agua Potable de Costa Rica, 2017-2030*.  
[https://www.aya.go.cr/transparenciainst/acceso\\_informacion/marconormativo/política\\_nacional\\_de\\_agua\\_potable.pdf](https://www.aya.go.cr/transparenciainst/acceso_informacion/marconormativo/política_nacional_de_agua_potable.pdf)
- AyA. (2017). *Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial*.  
[https://www.aya.go.cr/Noticias/Documents/Norma Técnica Diseño y Constru Agua Potable, Saneamiento y Pluvial.pdf](https://www.aya.go.cr/Noticias/Documents/Norma_Técnica_Diseño_y_Constru_Agua_Potable,_Saneamiento_y_Pluvial.pdf)
- Benemérito Cuerpo de Bomberos. (2013). *Manual de disposiciones técnicas generales sobre seguridad humana y protección contra incendios*.  
[https://www.bomberos.go.cr/upl0dz/2013/06/Manual\\_de\\_Disposiciones\\_Tecnicas\\_2013.pdf](https://www.bomberos.go.cr/upl0dz/2013/06/Manual_de_Disposiciones_Tecnicas_2013.pdf)
- Blanco, K., & Morera, C. (2013). *Recurso hídrico en la zona norte de Heredia: La experiencia de la UNA*.  
<http://documentos.una.ac.cr/bitstream/handle/unadocs/2332/recursoshidrico.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CCAD. (2009). *Manual técnico de Evaluación de Impacto ambiental*.  
[https://www.sica.int/busqueda/busqueda\\_archivo.aspx?Archivo=odoc\\_73273\\_1\\_08102012.pdf](https://www.sica.int/busqueda/busqueda_archivo.aspx?Archivo=odoc_73273_1_08102012.pdf)
- Reglamento para la Calidad del Agua Potable, La Gaceta (2005).  
[https://www.aya.go.cr/ASADAS/Leyes\\_y\\_reglamentos/REGLAMENTO PARA LA CALIDAD DE AGUA POTABLE.pdf](https://www.aya.go.cr/ASADAS/Leyes_y_reglamentos/REGLAMENTO_PARA_LA_CALIDAD_DE_AGUA_POTABLE.pdf)
- CONAGUA. (s. f.). *Manual de Agua potable, Alcantarillado y Saneamiento: Conducciones*. Recuperado 14 de junio de 2021, de  
[https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/CONAGUA s.f. Conducciones.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA_s.f._Conducciones.pdf)
- CONAGUA. (2007a). *Selección e instalación de equipos de macromedidores*.  
[www.cna.gob.mx](http://www.cna.gob.mx)
- CONAGUA. (2007b). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Alcantarillado Pluvial*.  
<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Libros/01AlcantarilladoPluvial.pdf>
- CONAGUA. (2007c). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Redes de distribución*.  
<http://www.conagua.gob.mx/conagua07/publicaciones/publicaciones/Libros/43RedesDeDistribucion.pdf>
- Corcho, F. H., & Duque, J. I. (2005). *Acueductos: teoría y diseño* (L. Correa (ed.); Tercera edición). Universidad de Medellín.  
[https://books.google.com.gt/books?id=194g9lx5vpcC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.gt/books?id=194g9lx5vpcC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

- Cordero, M. (2014). *Evaluación de nuevas fuentes de agua y mejora del acueducto de San Isidro de el Guarco, Cartago*.  
[https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3248/evaluacion\\_nuevas\\_fuentes\\_a\\_gua\\_mejora\\_acueducto.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3248/evaluacion_nuevas_fuentes_a_gua_mejora_acueducto.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Durman. (2021). *Catálogo riego*.  
<https://www.durman.com/catalogos/costarica/catalogoriegocostarica.pdf>
- Escobar, R., & Rivera, D. (2015). *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el cantón San Jose primero del Municipio de San Martín utilizando el programa Epanet 2.0*. [http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/9229/1/Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el cantón San José Primero del municipio de San Martín utilizando el programa EPANET 2.0 vE.pdf](http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/9229/1/Diseño%20del%20sistema%20de%20abastecimiento%20de%20agua%20potable%20para%20el%20cant%C3%B3n%20San%20Jos%C3%A9%20Primero%20del%20municipio%20de%20San%20Mart%C3%ADn%20utilizando%20el%20programa%20EPANET%202.0%20vE.pdf)
- ICCYC. (2006). *Manual de elaboración de concreto en obra*. <https://ficem.org/CIC-descargas/costa-rica/Manual-de-elaboracion-de-concreto-en-obra.pdf>
- Linkimer, L., & Soto, G. (2016). *El Sismo de Capellades de Alvarado(Mw 5,5) del 30 de noviembre del 2016*.  
[https://rsn.ucr.ac.cr/images/Noticias/2016\\_12/informe\\_sismo\\_capellades\\_2016.pdf](https://rsn.ucr.ac.cr/images/Noticias/2016_12/informe_sismo_capellades_2016.pdf)
- López, J., Fornés, J., Ramos, G., & Villarroya, F. (2009). *Las aguas subterráneas: un recurso natural del subsuelo autores*.  
[http://observatoriaigua.uib.es/repositori/asoc\\_aguas\\_botin.pdf](http://observatoriaigua.uib.es/repositori/asoc_aguas_botin.pdf)
- Marín, L. (2007). Desinfección del agua: Sistemas utilizados en AyA. *Hidrogénesis*, 5(1), 1-12. [https://www.binasss.sa.cr/opac-ms/media/digitales/Desinfección del agua. Sistemas utilizados en AyA.pdf](https://www.binasss.sa.cr/opac-ms/media/digitales/Desinfección%20del%20agua.%20Sistemas%20utilizados%20en%20AyA.pdf)
- Martínez, L. (2001). *Manual de operación y mantenimiento de equipos de riego presurizado*.  
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/7729/NR28083.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mora, D., & Portuguese, C. (2020). *Agua para uso y consumo humano y saneamiento en Costa Rica al 2019: Brechas y Desafíos al 2023*.  
[https://www.aya.go.cr/Noticias/Documents/Informe cobertura agua potable y saneamiento 2020 - Laboratorio Nacional de Aguas.pdf](https://www.aya.go.cr/Noticias/Documents/Informe%20cobertura%20agua%20potable%20y%20saneamiento%2020%20-%20Laboratorio%20Nacional%20de%20Aguas.pdf)
- Municipalidad Alvarado. (2021a). *Plan regulador territorial del Cantón de Alvarado*.  
[https://www.munialvarado.go.cr/images/normativalegal/reglamentos/plan\\_regulador\\_territorial\\_cantonalvarado\\_version\\_agosto2015.pdf](https://www.munialvarado.go.cr/images/normativalegal/reglamentos/plan_regulador_territorial_cantonalvarado_version_agosto2015.pdf)
- Municipalidad Alvarado. (2021b). *Servicio de acueducto*.  
<https://www.munialvarado.go.cr/index.php/mn-gestionmunicipal/mn-serviciosmunicipales/mn-servicioacueducto#>
- OPS. (2004a). *Guía de diseño para líneas de conducción e impulsión de sistemas de abastecimiento de agua rural*.  
[https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/TIXE 2004. Diseño líneas de conducción e impulsión.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/TIXE%202004.%20Diseño%20líneas%20de%20conducción%20e%20impulsión.pdf)
- OPS. (2004b). *Guía para el diseño y construcción de captación de manantiales*.  
[https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/AGUERO 2004. Guía diseño y construcción de captación de manantiales.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/AGUERO%202004.%20Guía%20diseño%20y%20construcción%20de%20captación%20de%20manantiales.pdf)
- OPS. (2004c). *Calidad del agua potable en Costa Rica: Situación actual y perspectivas*.  
<https://www.bvs.sa.cr/php/situacion/agua.pdf>
- OPS. (2005). *Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable*.

- [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/OPS\\_2005b\\_Guia\\_diseño\\_de\\_bombeo.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS_2005b_Guia_diseño_de_bombeo.pdf)
- OPS. (2007). *Guía para la selección de sistemas de desinfección*.  
[https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/OPS-COSUDE\\_2007. Guía selección del sistema desinfección.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS-COSUDE_2007_Guia_selección_del_sistema_desinfección.pdf)
- Orozco, J. (2019). Clasificación de potenciales fuentes de abastecimiento subterráneas y subsuperficiales en Costa Rica. En *Tecnología en Marcha* (Vol. 32, pp. 138-146).  
[https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/4887/4664](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/4887/4664)
- Ortiz, A. (2006, agosto). *El golpe de ariete en sistemas de abastecimiento de agua potable*.  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2611\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2611_C.pdf)
- Prudencio, J. (2015). *Modelo de simulación de líneas de conducción e impulsión del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Cerro de Pasco* [Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion].  
[http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/95/1/T026\\_43819957\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/95/1/T026_43819957_T.pdf)
- Ramírez, C. (2016). *Guía técnica de acueducto y alcantarillado*.  
[https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14128/1/Guia\\_Tecnica\\_Acueducto.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14128/1/Guia_Tecnica_Acueducto.pdf)
- SIAPA. (2014). *Criterios y lineamientos técnico para factibilidades: Estaciones de bombeo*.  
[https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo\\_13.\\_estaciones\\_de\\_bombeo.pdf](https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_13._estaciones_de_bombeo.pdf)
- TIGRE. (2019). *Catálogo de productos polietileno de alta densidad para conducción de agua potable y riego*. <https://tigrecombr-prod.s3.amazonaws.com/tigre.com.bo/files/catalogos-tecnicos/2019-09/Polietileno.pdf>
- Torres, A. (2011). Tasas de crecimiento poblacional (r): Una mirada desde el modelo matemático lineal, geométrico y exponencial. *CIDE digital*, 2(1), 143-162.  
<https://revistas.upr.edu/index.php/cidedigital/article/download/11774/9736>
- UNESCO. (2019). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás*. <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>
- Villón Béjar, M. (2008). *Hidráulica de canales* (M. Villón Béjar (ed.); 2a.ed). Editorial Tecnológica de Costa Rica.

## **VII. ANEXOS**

## Anexo 1. Levantamiento topográfico

*Cuadro 31. Datos obtenidos a través del levantamiento topográfico*

Punto	Longitud	Latitud	Elevación(msnm)
1	522566,95	1097571,42	1692,33
2	522580,80	1097555,34	1678,72
3	522577,50	1097547,98	1680,32
4	522587,24	1097531,09	1679,06
5	522581,72	1097506,17	1678,06
6	522606,28	1097504,52	1678,84
7	522613,97	1097482,19	1677,84
8	522596,00	1097461,83	1677,74
9	522605,90	1097405,98	1664,04
10	522606,80	1097366,28	1660,16
11	522606,70	1097321,66	1659,02
12	522601,75	1097314,24	1654,62
13	522597,99	1097311,72	1653,64
14	522596,10	1097307,13	1652,60
15	522593,21	1097299,42	1645,26
16	522588,84	1097290,05	1641,09
17	522584,68	1097276,71	1634,69
18	522582,23	1097260,20	1630,70
19	522581,19	1097250,57	1629,00
20	522618,57	1097246,16	1625,29
21	522629,16	1097166,29	1608,99
22	522660,89	1097140,83	1613,40
23	522676,68	1097129,41	1611,04
24	522702,63	1097131,05	1610,64
25	522725,09	1097133,81	1610,43
26	522741,45	1097144,79	1612,02
27	522781,26	1097159,08	1615,47
28	522803,72	1097165,10	1612,21
29	522818,09	1097169,11	1613,54
30	522836,41	1097193,22	1612,83
31	522838,49	1097202,39	1608,68
32	522848,00	1097202,81	1608,01
33	522862,56	1097194,08	1613,61
34	522877,55	1097172,68	1614,62
35	522883,82	1097150,75	1615,44
36	522884,14	1097132,29	1611,26
37	522885,54	1097109,03	1615,63
38	522895,09	1097095,27	1619,85
39	522916,63	1097084,81	1623,12
40	522940,29	1097074,92	1623,10
41	522975,53	1097064,41	1630,56
42	522998,64	1097045,40	1631,83
43	523018,85	1097042,16	1629,44
44	523042,61	1097041,26	1632,91
45	523075,97	1097053,32	1640,43
46	523100,48	1097049,86	1641,30
47	523130,89	1097026,20	1644,02
48	523145,19	1097021,78	1650,86
49	523182,96	1097012,35	1651,33
50	523210,27	1097009,84	1652,96
51	523233,04	1097008,08	1656,17
52	523236,77	1097004,81	1656,15
53	523239,79	1096996,80	1656,46
54	523243,17	1096985,54	1655,64

## Anexo 2. Análisis de agua de la naciente el Salto

### INFORME DE RESULTADOS

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados  
Laboratorio Nacional de Aguas

Tres Ríos, Cartago  
Teléfonos: (506)  
2795118 (506) 2795973  
E-mail: [ajmorales@aya.go.cr](mailto:ajmorales@aya.go.cr)

ORDEN AYA-OT-4635-2014

#### DATOS DE LAS MUESTRAS

Dirección cliente: Cartago	Sistema: SISTEMA 1 CAPELLADES CENTRO	Fecha de muestreo: 10-sep-14
Contacto:	Provincia: Cartago	Muestreado por: Serrano Gamboa Edgar
E-mail:	Cantón: Alvarado	Fecha de ingreso a AYA: 11-sep-14
TELEFONO:	Procedimiento muestreo: AYA-PT-019-5	Inicio Análisis Microbiológico: 11/09/2014
FAX:		

#### DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

ID LAB	Punto de Muestreo	HORA MUESTREO	PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	METODO
AYA-ID-06823-2014	NACIENTE EL SALTO	12:12	Alcalinidad	83	mg/L	2320
			Arsénico	N.D.	µg/L	3113 B
			Calcio	13,2	mg/L	3500-Ca B
			Cloruros	1,55	mg/L	4110B Cromatog
			Cólfomes fecales	Negativo	NMP/100 mL	9221 E
			Color Aparente	N.D.	UPt-Co	2120 C
			Conductividad	125	µS/cm	2510
			Dureza de Calcio	33	mg/L	3500-Ca D
			Dureza Total	54	mg/L	2340 C
			E.coli	Negativo	NMP/100 mL	9221 F
			Fluoruros	0,13	mg/L	4110B Cromatog
			Fosfatos	N.D.	mg/L	4110B Cromatog
			Hierro	D.	µg/L	3113 B
			Magnesio	5,2	mg/L	3500 B
			Manganeso	N.D.	µg/L	3113 B
			Nitratos	3,85	mg/L	4110B Cromatog
			Nitritos	N.D.	mg/L	4110B Cromatog
			pH	6,02		4500-H+
			Plomo	N.D.	µg/L	3113B
			Potasio	4,1	mg/L	3500-K B
			Sodio	6,5	mg/L	3500-Na B
			Sulfatos	5,57	mg/L	4110B Cromatog
			Temperatura	17,8	°C	2550 B
			Turbiedad	0,10	UNT	2130 B

Figura 30. Parte 1: Resultados del análisis realizado al agua de la naciente el Salto

ORDEN AYA-OT-4635-2014

DATOS DE LAS MUESTRAS

Criterios de evaluación: Reglamento para la Calidad del Agua Potable, Decreto ejecutivo No. 32327-S:

a) Coliformes fecales y E.coli: valor recomendado y valor máximo admisible negativo.

b) Residual de cloro: valor máximo recomendado 0,8 mg/L.

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

**Informe de Campo:**

Datos de campo:

Día soleado,  
Naciente sin captar.

**Evaluación de Calidad:**

En este análisis puntual, las determinaciones efectuadas cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 32327-S.



Lic Marco Sequiera Barquero  
Jefe del Laboratorio Química



Dra. Johanna Méndez Araya  
Jefe del Laboratorio Microbiología

Figura 31. Parte 2: Resultados del análisis realizado al agua de la naciente el Salto

### Anexo 3. Diseño de la captación

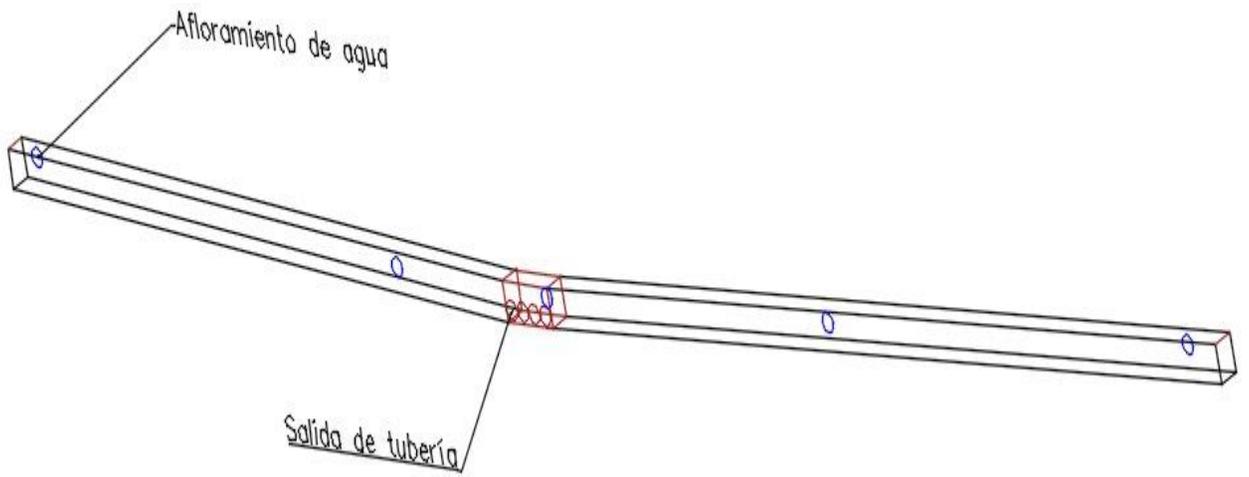


Figura 32. Vista general del canal diseñado

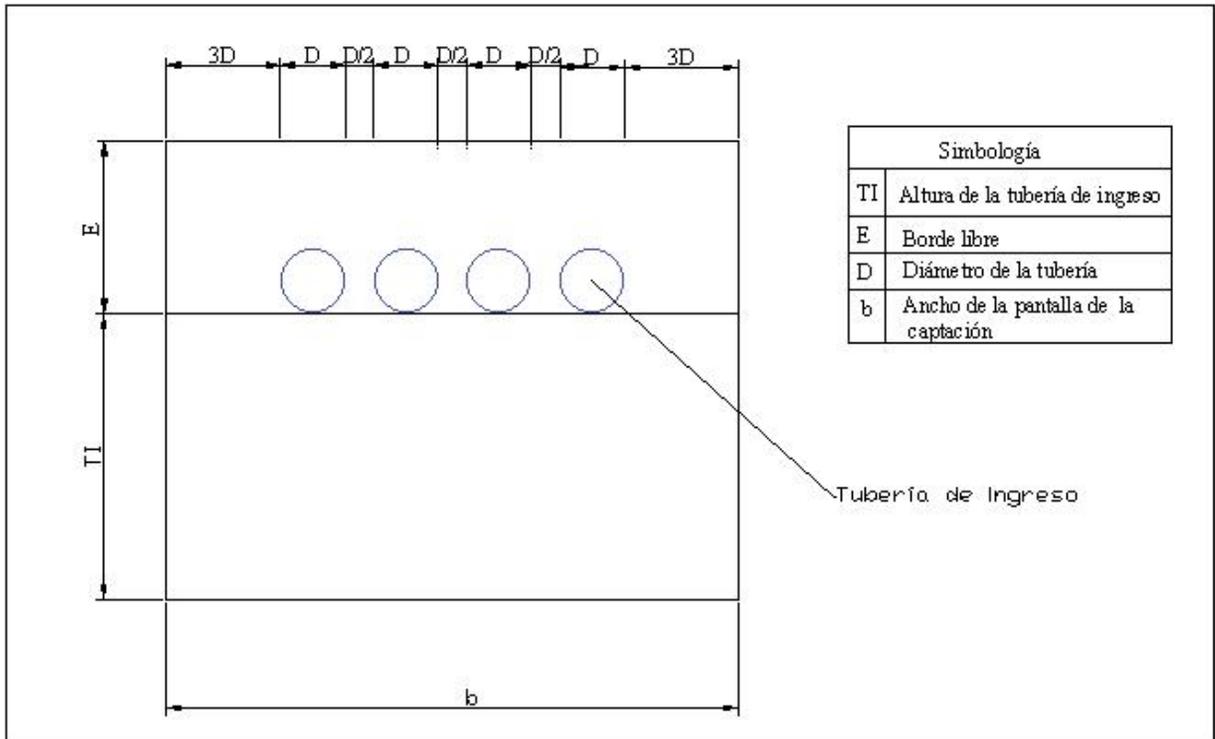


Figura 33. Distribución de los orificios en la pantalla frontal de la cámara húmeda

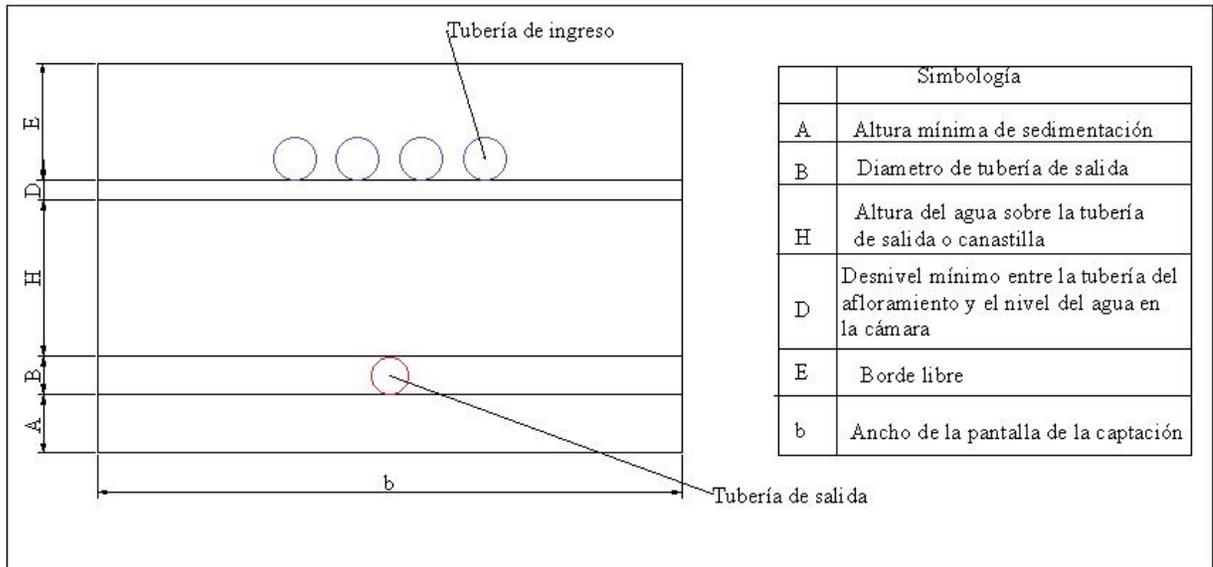


Figura 34. Distribución de las alturas en la cámara húmeda

#### Anexo 4. Diseño hidráulico de la línea de conducción

Cuadro 32. Parte 1: Datos obtenidos a partir del diseño hidráulico de la conducción

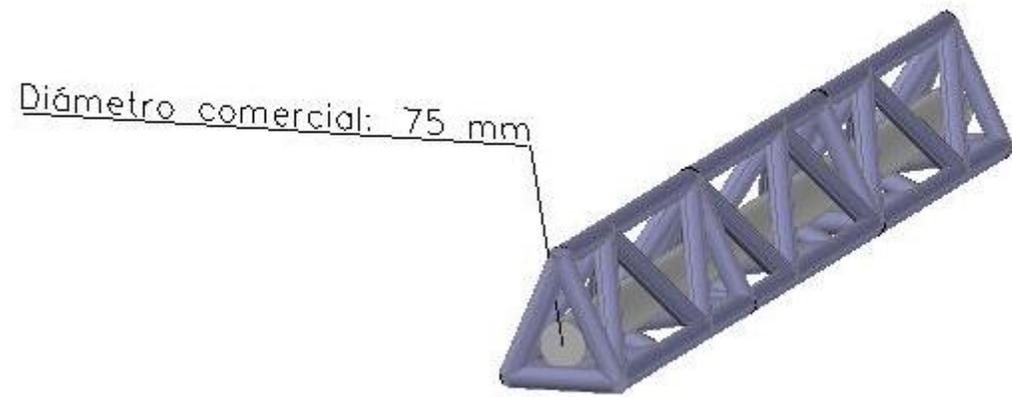
Punto	Estacionamiento (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Dint (m)	V (m/s)	Pérdidas (m)	NP (msnm)	CD (m)	CE (m)	CEDULA	Observaciones
1	0,00	0,0076	0,083	1,40	0,00	1692,73	0,40	0,40	SDR 32,5	Obra de captación, Vcompuerta
2	25,22	0,0076	0,083	1,40	0,56	1692,17	13,45	14,01	SDR 32,5	
3	33,44	0,0076	0,083	1,40	0,18	1691,99	11,67	12,41	SDR 32,5	
4	52,98	0,0076	0,083	1,40	0,43	1691,55	12,50	13,67	SDR 32,5	
5	78,52	0,0076	0,083	1,40	0,57	1690,98	12,92	14,67	SDR 32,5	
6	103,16	0,0076	0,083	1,40	0,55	1690,44	11,60	13,89	SDR 32,5	
7	126,80	0,0076	0,083	1,40	0,52	1689,91	12,08	14,89	SDR 32,5	
8	153,96	0,0076	0,083	1,40	0,60	1689,31	11,57	14,99	SDR 32,5	
9	212,30	0,0076	0,083	1,40	1,30	1688,02	23,97	28,69	SDR 32,5	
10	252,21	0,0076	0,083	1,40	0,89	1687,13	26,97	32,57	SDR 32,5	VA Doble propósito
11	296,84	0,0076	0,083	1,40	0,99	1686,14	27,12	33,71	SDR 32,5	
12	306,79	0,0076	0,083	1,40	0,22	1685,92	31,29	38,11	SDR 32,5	
13	311,41	0,0076	0,083	1,40	0,10	1685,82	32,17	39,09	SDR 32,5	
14	316,49	0,0076	0,083	1,40	0,11	1685,70	33,10	40,13	SDR 32,5	
15	327,52	0,0076	0,083	1,40	0,24	1685,46	40,20	47,47	SDR 32,5	
16	338,67	0,0076	0,083	1,40	0,25	1685,21	44,12	51,63	SDR 32,5	
17	354,04	0,0076	0,083	1,40	0,34	1684,87	50,18	58,04	SDR 32,5	
18	371,20	0,0076	0,083	1,40	0,38	1684,49	53,79	62,03	SDR 32,5	
19	381,03	0,0076	0,083	1,40	0,22	1684,27	55,27	63,73	SDR 32,5	
20	418,86	0,0076	0,083	1,40	0,84	1683,43	58,14	67,44	SDR 32,5	
21	501,06	0,0076	0,082	1,44	1,94	1681,49	72,51	83,74	SDR 26	Vlimpieza
22	541,98	0,0076	0,082	1,44	0,96	1680,53	67,13	79,33	SDR 26	
23	561,61	0,0076	0,082	1,44	0,46	1680,07	69,03	81,69	SDR 26	
24	587,61	0,0076	0,082	1,44	0,61	1679,46	68,81	82,09	SDR 26	
25	610,24	0,0076	0,082	1,44	0,53	1678,92	68,49	82,30	SDR 26	
26	630,01	0,0076	0,082	1,44	0,47	1678,46	66,44	80,71	SDR 26	VA Doble propósito
27	672,45	0,0076	0,082	1,44	1,00	1677,46	61,99	77,26	SDR 26	

Cuadro 33. Parte 2: Datos obtenidos a partir del diseño hidráulico de la conducción

Punto	Estacionamiento (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Dint (m)	V (m/s)	Pérdidas (m)	NP (msnm)	CD (m)	CE (m)	CEDULA	Observaciones
28	695,93	0,0076	0,082	1,44	0,55	1676,91	64,70	80,52	SDR 26	
29	710,91	0,0076	0,082	1,44	0,35	1676,55	63,01	79,18	SDR 26	
30	741,19	0,0076	0,082	1,44	0,71	1675,84	63,01	79,89	SDR 26	
31	751,47	0,0076	0,082	1,44	0,24	1675,60	66,92	84,05	SDR 26	
32	761,02	0,0076	0,082	1,44	0,22	1675,37	67,36	84,72	SDR 26	
33	778,90	0,0076	0,082	1,44	0,42	1674,95	61,35	79,12	SDR 26	
34	805,04	0,0076	0,082	1,44	0,62	1674,34	59,72	78,11	SDR 26	
35	827,87	0,0076	0,082	1,44	0,54	1673,80	58,36	77,29	SDR 26	
36	846,80	0,0076	0,082	1,44	0,45	1673,35	62,10	81,47	SDR 26	
37	870,51	0,0076	0,082	1,44	0,56	1672,79	57,16	77,10	SDR 26	
38	887,78	0,0076	0,082	1,44	0,41	1672,39	52,54	72,88	SDR 26	
39	911,95	0,0076	0,083	1,40	0,54	1671,85	48,73	69,61	SDR 32,5	
40	937,59	0,0076	0,083	1,40	0,57	1671,28	48,19	69,63	SDR 32,5	
41	975,11	0,0076	0,083	1,40	0,83	1670,45	39,89	62,17	SDR 32,5	
42	1005,06	0,0076	0,083	1,40	0,66	1669,78	37,96	60,90	SDR 32,5	
43	1025,67	0,0076	0,083	1,40	0,46	1669,33	39,89	63,29	SDR 32,5	
44	1049,70	0,0076	0,083	1,40	0,53	1668,79	35,88	59,82	SDR 32,5	
45	1085,95	0,0076	0,083	1,40	0,80	1667,99	27,56	52,30	SDR 32,5	
46	1110,72	0,0076	0,083	1,40	0,55	1667,44	26,14	51,43	SDR 32,5	
47	1149,35	0,0076	0,083	1,40	0,86	1666,58	22,56	48,71	SDR 32,5	
48	1165,80	0,0076	0,083	1,40	0,37	1666,22	15,36	41,87	SDR 32,5	
49	1204,74	0,0076	0,083	1,40	0,86	1665,35	14,02	41,40	SDR 32,5	
50	1232,21	0,0076	0,083	1,40	0,61	1664,74	11,79	39,77	SDR 32,5	
51	1255,28	0,0076	0,083	1,40	0,51	1664,23	8,06	36,56	SDR 32,5	VA doble propósito
52	1260,23	0,0076	0,083	1,40	0,11	1664,12	7,97	36,58	SDR 32,5	
53	1268,80	0,0076	0,083	1,40	0,19	1663,93	7,47	36,27	SDR 32,5	
54	1280,58	0,0076	0,083	1,40	0,26	1663,67	8,03	37,09	SDR 32,5	Tanque de almacenamiento



*Figura 35. Fosa de protección de la válvula de aire y limpieza*



*Figura 36. Vista general de la estructura a construir para el soporte de la tubería*

Cuadro 34. Valores obtenidos a través de la modelación realizada mediante Epanet

Línea	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Nudo	Presión mca
Tubería 1	83	7,6	1,4	21,79	1	0
Tubería 2	83	7,6	1,4	21,79	2	13,06
Tubería 3	83	7,6	1,4	21,8	3	11,28
Tubería 4	83	7,6	1,4	21,79	4	12,12
Tubería 5	83	7,6	1,4	21,79	5	12,56
Tubería 6	83	7,6	1,4	21,8	6	11,24
Tubería 7	83	7,6	1,4	21,79	7	11,73
Tubería 8	83	7,6	1,4	21,8	8	11,23
Tubería 9	83	7,6	1,4	21,79	9	23,66
Tubería 10	83	7,6	1,4	21,79	10	26,67
Tubería 11	83	7,6	1,4	21,8	11	26,84
Tubería 12	83	7,6	1,4	21,79	12	31,02
Tubería 13	83	7,6	1,4	21,8	13	31,9
Tubería 14	83	7,6	1,4	21,79	14	32,83
Tubería 15	83	7,6	1,4	21,8	15	39,93
Tubería 16	83	7,6	1,4	21,79	16	43,85
Tubería 17	83	7,6	1,4	21,79	17	49,92
Tubería 18	83	7,6	1,4	21,8	18	53,54
Tubería 19	83	7,6	1,4	21,8	19	55,02
Tubería 20	82	7,6	1,44	23,12	20	57,91
Tubería 21	82	7,6	1,44	23,12	21	72,31
Tubería 22	82	7,6	1,44	23,12	22	66,96
Tubería 23	82	7,6	1,44	23,12	23	68,86
Tubería 24	82	7,6	1,44	23,12	24	68,66
Tubería 25	82	7,6	1,44	23,12	25	68,34
Tubería 26	82	7,6	1,44	23,12	26	66,3
Tubería 27	82	7,6	1,44	23,12	27	61,87
Tubería 28	82	7,6	1,44	23,12	28	64,58
Tubería 29	82	7,6	1,44	23,12	29	62,9
Tubería 30	82	7,6	1,44	23,13	30	62,91
Tubería 31	82	7,6	1,44	23,12	31	66,83
Tubería 32	82	7,6	1,44	23,12	32	67,28
Tubería 33	82	7,6	1,44	23,12	33	61,27
Tubería 34	82	7,6	1,44	23,12	34	59,66
Tubería 35	82	7,6	1,44	23,12	35	58,3
Tubería 36	82	7,6	1,44	23,12	36	62,05
Tubería 37	82	7,6	1,44	23,12	37	57,13
Tubería 38	83	7,6	1,4	21,8	38	52,51
Tubería 39	83	7,6	1,4	21,79	39	48,71
Tubería 40	83	7,6	1,4	21,8	40	48,18
Tubería 41	83	7,6	1,4	21,8	41	39,89
Tubería 42	83	7,6	1,4	21,79	42	37,97
Tubería 43	83	7,6	1,4	21,8	43	39,92
Tubería 44	83	7,6	1,4	21,79	44	35,92
Tubería 45	83	7,6	1,4	21,79	45	27,61
Tubería 46	83	7,6	1,4	21,79	46	26,2
Tubería 47	83	7,6	1,4	21,79	47	22,64
Tubería 48	83	7,6	1,4	21,79	48	15,44
Tubería 49	83	7,6	1,4	21,79	49	14,12
Tubería 50	83	7,6	1,4	21,79	50	11,9
Tubería 51	83	7,6	1,4	21,79	51	8,18
Tubería 52	83	7,6	1,4	21,81	52	8,09
Tubería 53	83	7,6	1,4	21,8	53	7,59
					54	8,16

**Anexo 5. Estado y características del sistema de almacenamiento y potabilización**



*Figura 37. Estado actual de las tapas de los tanques de almacenamiento en desuso ( Fecha: 04/08/2021) (Fuente propia)*



*Figura 38. Ubicación de las pastillas de cloración en el sistema de potabilización ( Fecha: 06/08/2021) (Fuente propia)*

**Anexo 6. Información obtenida a partir del análisis ambiental, social y del presupuesto para los materiales**

5. CRITERIOS DE PONDERACIÓN		 <small>SECRETARÍA NACIONAL AMBIENTAL</small>	
La nota obtenida (Valor preliminar de SIA) en el formulario adjunto debe ser ponderada con los factores siguientes para obtener la calificación final que servirá de criterio para la clasificación según la Significancia del impacto ambiental (SIA) que se indica en este documento.			
<b>1. Valor preliminar de SIA</b> , es decir la sumatoria de todos los valores individuales ( $\Sigma$ )		<b>88,00</b>	
<b>Según las regulaciones aplicables a la operación de la actividad, obra o proyecto</b>			
<b>2.a</b> Con Reglamento específico en materia ambiental que regule la actividad, obra o proyecto (p). Se multiplica la sumatoria de SIA ( $\Sigma$ ) por un factor de 1 =	1	<b>Decreto Ejecutivo No. _____</b>	<b>3.</b> Sin Reglamento específico en materia ambiental (p) que regule la operación, se multiplica la sumatoria ( $\Sigma$ ) de SIA por un factor de 2=
<b>2.b</b> Con compromiso del desarrollador a adherirse voluntariamente a una <b>norma o guía ambiental</b> de construcción y operación, según corresponda que exista para la actividad, obra o proyecto que se plantea en el D1(p). Dicha norma o guía ambiental será de acatamiento obligatorio para el desarrollador, en lo que corresponda, desde el momento en que la SETENA le otorga la viabilidad ambiental. En este caso se multiplica la sumatoria de SIA ( $\Sigma$ ) por un factor de 0,75 =	0,75		
		(p)	2
<b>4. Valor de SIA ajustado por regulaciones (SIA<sub>R</sub>) =</b>		<b>176</b>	
<b>Clasificación del área según la zona de ubicación del proyecto ( <math>\beta</math> )</b>			
<b>5.</b> Localización autorizada por Plan Regulador u otra planificación ambiental de uso del suelo, aprobados por la SETENA, incluyendo la variable ambiental según la metodología establecida por la SETENA. Se multiplica el valor de SIA <sub>R</sub> por un valor de 0,5 =	0,5	<b>6.</b> Localización autorizada por Plan Regulador NO aprobado por SETENA. Se multiplica el valor de SIA <sub>R</sub> por un valor de 1,0 =	1
<b>7.</b> Localización en área sin Plan Regulador. Se multiplica el valor de SIA <sub>R</sub> por un valor de 1,5 =	1,5	<b>8.</b> Localización en área ambientalmente frágil, excepto que este contemplado en el numeral 5. Se multiplica el valor de SIA <sub>R</sub> por un valor de 2 =	2
<b>Nota: Deberá brindarse la cita correcta del Plan Regulador o del Plan Ambiental de Uso del Suelo a que se refiere.</b>			
		( $\beta$ )	1,5
<b>9. Calificación final de la SIA:</b>		<b>264</b>	
<b>10. Clasificación en función de la calificación final y que establece el procedimiento en SETENA, según la ruta de decisión.</b>			
Tipo	Nota	Procedimiento	
<b>A</b>	Mayor que 1000.	Estudio de Impacto Ambiental.	
<b>B<sub>1</sub></b>	Mayor que 300 y menor o igual que 1000.	Pronóstico-Plan de Gestión Ambiental.	
<b>B<sub>2</sub></b>	Menor o igual que 300.	Declaración Jurada de Compromisos Ambientales.	

Figura 39. Valores obtenidos a través de la evaluación realizada mediante el formulario D1 del SETENA

Cuadro 35. Análisis del impacto ambiental realizado mediante la matriz de arboleda

Acción susceptible a producir impacto (ASPI)	Aspectos ambientales	Descripción del impacto	Factor ambiental (Físico, Biótico, Socioeconómico)	C*	P*	D*	E*	M*	Ca*	Calificación del impacto ambiental		Impacto ambiental	Acciones para mitigar el impacto
										+	-		
Limpieza del sitio	Erosión del suelo	El suelo queda desnudo y fácilmente erosionable.	Físico	-1	0,2	0,19	1	0,39	-0,7	0	-0,66	Irrelevante	-
	Deterioro del paisaje natural	Trastorno en la calidad visual del sitio debido a que se elimina cobertura boscosa	Biótico y Físico	-1	0,39	0,19	1	0,19	-0,7	0	-0,741	Irrelevante	-
Nivelación y relleno del sitio	Pérdida de la capa superficial del suelo	Incremento en el transporte de residuos a través del agua	Físico	-1	0,2	0,19	1	0,2	-0,4	0	-0,394	Irrelevante	-
Excavación	Pérdida de la capa superficial del suelo	Aumento de la erosión del suelo debido a la excavación	Físico	-1	0,7	0,19	1	0,39	-2,3	0	-2,31	Irrelevante	-
Operación de maquinaria	Emisión de gases	Aumento de la emisión de gases generados por la	Físico	-1	0,2	0,19	1	0,2	-0,4	0	-0,394	Irrelevante	-
	Genera ruido	Incremento en la contaminación sónica	Físico	-1	0,3	0,19	1	0,2	-0,6	0	-0,591	Irrelevante	-
	Aumenta la presencia de gases	La cantidad de gases que contribuyen al efecto	Físico	-1	0,3	0,19	1	0,39	-1			Irrelevante	-
Obra gris	Permeabilidad del suelo	Aumento de la escorrentía en la captación	Físico	-1	0,39	1	0,7	0,69	-2,5	0	-2,489	Irrelevante	-
	Deterioro del paisaje natural	Trastorno en la calidad visual del sitio debido a la construcción de la captación	Biótico y Físico	-1	0,9	1	0,8	0,7	-6,2	0	-6,228	Severo	Incluir plantas ornamentales en el sitio o pintar la captación con diseños llamativos para que la belleza del sitio no se pierda
Colocación de tuberías	Excavación para la instalación de la tubería	Aumento de erosión del suelo	Físico	-1	0,4	0,19	1	0,4	-1,3	0	-1,348	Irrelevante	-
Contratación de personal	Demanda de mano de obra local	Oferta de mejores oportunidades	Socioeconómico	1	0,69	0,2	0,8	0,69	3,08	3,08	0	Moderado	-
Mantenimiento de la captación	Remoción de vegetación	Aumento de escorrentía	Biótico	-1	0,2	0,19	1	0,4	-0,7	0	-0,674	Irrelevante	-
	Remoción de suciedad en la captación	Aumento de residuos en el agua	Físico	-1	0,2	0,19	0,7	0,2	-0,3	0	-0,31	Irrelevante	-
Mantenimiento de la línea de conducción	Remoción de vegetación	Aumento de escorrentía	Biótico	-1	0,2	0,19	0,5	0,4	-0,4	0	-0,394	Irrelevante	-
Funcionamiento del sistema de conducción	Aumenta la disponibilidad de agua potable	Aumento de agua disponible para la comunidad La Enseñanza para diversas actividades.	Socioeconómico	1	0,8	1	0,9	1	7,44	7,44	0	Severo	-

Nota\* : C=Clase, P= Presencia, D=Duración, E=Evolución, M=Magnitud, Ca=Calificación obtenida

CEMENTO		ARENA		AGREGADO GRUESO		AGUA
Tipo	1 saco (50 kg)	Tipo	Cant. (cajones)	Tipo	Cant. (cajones)	Cubeta 19 litros
UG	1	Río	3	19 mm Río	2½	1½
UG	1	Río	2½	16 mm Río	3	1½
UG	1	Tajo	1½	25 mm Cantera	2	1½
UG	1	Río	2	25 mm Cantera	2	1½
UG	1	Cantera	2	25 mm Cantera	2	1½
UG	1	Cantera	1¾	12 mm Cantera	2	1½
UG	1	Tajo	2	25 mm Tajo	2	1½

*Figura 40. Dosificaciones recomendadas de cemento, arena y grava (piedra) para proporciones medidas con cajón (34 cm x 34 cm x 34 cm)*

Fuente: (ICCYC, 2006)



**FACTURA PROFORMA KMF 426-2021/A**

FLCRLCM.07.01.RI.01.02-06

KMF - 426

Cliente: Keylor Fabián Nuñez Marín

Atención: Keylor Fabián Nuñez Marín

Correo:

Ubicación:

Fecha: 11-oct-21

Tel: 84609949

Fax:

Sirva la presente para saludarle y ofertarle:

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT	PRECIO TOTAL
2005509	145	TUBO PVC 75MM(3")X6M SDR32.5 CE VE	€ 75,468.00	€ 10,942,860.00
2005298	84	TUBO PVC 75MM(3")X6M SDR26 CE VE	€ 77,078.00	€ 6,474,552.00
2005935	50	CODO LISO PVC PRES 75MM (3")X45 BL	€ 14,861.00	€ 743,050.00
2005896	1	TE LISA PVC PRES 75MM (3") BL	€ 15,694.00	€ 15,694.00
9027580	3	VALVULA AIRE AUTO 2" JIMTEN X295 ROJO	€ 42,310.00	€ 126,930.00
2005906	3	ADAPTADOR HEMBRA PVC PRES 50MM(2") BL	€ 2,560.00	€ 7,680.00
9052080	1	VAL. COMPUERTA AWWA C515 HD 75MM(3")	€ 90,786.00	€ 90,786.00
2006004	2	FLANGER PVC SCH80 75MM(3") BL	€ 22,791.00	€ 45,582.00
9004452	2	EMPAQUE NEOPRENO P/FLANGER 75MM(3")	€ 2,074.00	€ 4,148.00
7007849	8	TORNILLO HG HEXAG C/ARANDELAS 5/8"X3"	€ 690.00	€ 5,520.00
9004375	1	LLAVE BOLA PVC C/R PRES 50MM (2") BL	€ 8,539.00	€ 8,539.00
2005920	2	ADAPTADOR MACHO PVC PRESS 50MM(2") BL	€ 2,441.00	€ 4,882.00
2019364	4	PEGAMENTO PVC MED WETBONDING 1/4GL AZUL	€ 13,601.00	€ 54,404.00
9004734	12	CUARTO DE LUBRICANTE 92-4	€ 3,827.00	€ 45,924.00
2019112	3	PREPARADOR SUPERFICIE PVC-CPVC 1/4GL	€ 4,018.00	€ 12,054.00
9066975	1	MACROMEDIDOR WOLTMAN RMW 50MM (2")	€ 160,595.00	€ 160,595.00
		**** UL ****		
		<b>Subtotal</b>	€	18,743,200.00
		Impuesto 13%	€	2,436,816.00
		<b>Total i.v.i</b>	€	21,179,816.00

**Condiciones:**

Tiempo de entrega:	Según disponibilidad de inventario
Vigencia de la oferta:	30 días
Lugar de entrega:	En su proyecto siempre y cuando sea accesible para contenedor
Forma de pago:	Cliente contado: 100% por adelantado
Garantía:	1 año de garantía contra defecto de fabricación y o instalación si es realizada por Durman o en su defecto, el periodo indicado por los fabricantes.

Figura 41. Cotización realizada por Durman de los materiales necesarios para la línea de conducción (Fecha: 11/10/2021)



Consultora Costarricense para Programas de Desarrollo S.A

Cédula Jurídica 3-101-026507

75 metros sur de la Mitsubishi en Curridabat  
Teléfono: (506) 2528-5880 Fax: (506) 2283-1838

Correo electrónico: info@coprodesa.com

Página Web: www.coprodesa.com

Código postal: 6760-1000 San José, Costa Rica

### Oferta de Ventas

CÓDIGO: PG-02-RG-01  
VERSIÓN 06

Fecha de aprobación: 23/04/2021

Oferta Ventas # 76868

Código: C5636  
 Cliente: Keylor Fabián Núñez Marín  
 Atención: Keylor Fabián Núñez Marín  
 Ubicación: Cantón Alvarado, Capellades, Barrio La Enseñanza.  
 Telf: 84609949

Fecha : 05/10/2021  
 Validez : 05/11/2021

#	Cant.	Descripción	Código	Precio und	Total
1	90	TUBO 3" (75 MM) C/EMP X6M SDR26 PVC	SIN-TUB-133	33.066.46	2.975.981.40
2	153	TUBO 3" (75MM) C/EMP X6M SDR32.5 PVC	SIN-TUB-056	32.375.77	4.953.492.81
3	30	CODO 45° SDR 32.5 3" ACCESORIO CON EMPAQUE	SIN-GEN-002	15.446.15	463.384.50
4	20	CODO 45° SDR 26 3" ACCESORIO CON EMPAQUE	SIN-GEN-002	15.546.15	310.923.00
5	1	TEE SDR26 3" CON EMPAQUE	SIN-GEN-002	24.642.19	24.642.19
6	3	VALVULA ELIMINADORA DE AIRE 2"(50MM) DOBLE ACCION PVC	SIN-VAL-040	17,690.00	53,070.00
7	4	VALVULA DE BOLA 3" (75 MM) LISA B/R PVC	SIN-VAL-075	15.572.70	62.290.80
8	2	HIDROMETRO 3' (75MM) WST SB BRIDADO MARCA ARAD	ARD-HID-021	360.390.00	720.780.00
9	4	FLANGER 3" (75MM) PVC SCH 80	SIN-FLA-002	7.210.00	28.840.00
10	4	EMPAQUE NEOPRENO 3' (75MM)	SIN-EMP-002	2.800.00	11.200.00
11	32	TORNILLO 5/8" x 3 1/2'	SIN-TOR-003	920.00	29.440.00
12	32	ARANDELA 5/8" PLANA	SIN-ARA-001	110.00	3.520.00
13	32	ARANDELA 5/8' PRESION	SIN-ARA-006	80.00	2.560.00
14	1	LUBRICANTE PARA TUBERIA PVC 1/4 GALON	SIN-GEL-003	7.490.00	7.490.00

#### COMENTARIOS

LUGAR DE ENTREGA: COPRODESA

FORMA DE PAGO: CONTADO

PLAZO DE ENTREGA: 3 DIAS

VIGENCIA DE PRECIOS DE 8 DIAS

SUBTOTAL c	9.647.614.70
c	0.00
c	0.00
IV % c	1.254.189.91
<b>TOTAL c</b>	<b>10.901.804.61</b>

Figura 42. Cotización realizada por COPRODESA de los materiales necesarios para la línea de conducción (Fecha: 05/10/2021)