



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Monografía**

**“DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LA  
COMUNIDAD DE SANTA CRUZ, MUNICIPIO DE JALAPA, DEPARTAMENTO  
DE NUEVA SEGOVIA”**

Para optar al título de Ingeniero Civil

**Elaborado por**

Br. Bolívar José Montenegro Ramos

Br. Carlos Jossué Picado Palacios

**Tutor**

M. Sc. Ing. Henry Javier Vílchez Pérez

**Asesor**

Ing. Eddy Wilfredo Montalván Lanzas

Managua, junio de 2022



## DEDICATORIA

Dedico esta monografía principalmente a **Dios** y a la **Virgen Santísima**, por guiarme e iluminarme para llegar hasta este punto de mi vida.

A mis **padres** y **abuelos** quienes han sido parte fundamental en la preparación como un buen profesional y sobre todo como persona, además del apoyo incondicional que me han brindado y estoy claro que sin ellos no habría sido posible.

A mis **hermanos** quienes han sido mi inspiración y motivación, ya que, cuento con su apoyo incondicional, asimismo, a mi familia en general.

Con mucho cariño a mi **novia**, por su apoyo y motivación en los momentos más oportunos de este arduo camino.

Infinita gracias a todos (as).

**Br. Bolívar José Montenegro Ramos**

## DEDICATORIA

Todo este esfuerzo está dedicado con mucho amor a mis **padres**, como símbolo de gratitud inmensa, por haberme permitido cumplir una meta más. A pesar del arduo camino y las dificultades siempre me hicieron ver que a pesar de tanta oscuridad habría una luz que solo podría alcanzar con perseverancia y determinación.

A mis **hermanos**, por brindarme su apoyo incondicional, por ser mi inspiración para dar en todo momento lo mejor de mí y en general a toda **mi familia** que de forma directa o indirecta hicieron esto posible.

A mi **novia**, por haberme acompañado y apoyado durante todo este tiempo.

A mis **compañeros** y **amigos**, por haber aprendido más de la vida a su lado.

Infinita gracias a todos (as).

**Br. Carlos Jossué Picado Palacios**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradecemos a **Dios** por permitirnos entender esto, ya que, nos dio salud, se convirtió en la fuente de vida dándonos cosas que necesitamos para lograr nuestras metas.

Además, estamos profundamente agradecido con nuestras **familias** por brindarnos la base necesaria para completar con éxito este gran proyecto.

Agradecemos a nuestros **padres** por su continuo apoyo. Por sus consejos, sus valores y su constante motivación, esto nos convierte en buenas personas.

Agradecemos a nuestro tutor **M. Sc. Ing. Henry Javier Vilchez Pérez**, por su apoyo durante todo el proyecto. Su motivación fue crucial para escribir esta monografía.

Queremos agradecer al asesor de nuestra monografía **Ing. Eddy Wilfredo Montalván Lanzas**, por ser una fuente de motivación y aliento durante todo el proyecto, muchas gracias.

**Br. Bolívar José Montenegro Ramos**

**Br. Carlos Jossué Picado Palacios**

## RESUMEN

El crecimiento poblacional en la comunidad de Santa Cruz es una realidad, el cual, es causante de problemas de abastecimientos de servicios básicos, principalmente de agua, puesto que no hay sistemas para abastecer de agua de forma correcta a la comunidad, en cuanto a cantidad y calidad.

Entonces, la propuesta titulada “**DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LA COMUNIDAD DE SANTA CRUZ, MUNICIPIO DE JALAPA, DEPARTAMENTO DE NUEVA SEGOVIA**”, vendrá a dar respuesta al problema del vital líquido en la comunidad durante una vida útil del proyecto de 20 años, a una población de 487 habitantes inicialmente, tomando en cuenta que el objetivo principal, es garantizar el suministro de agua, así como, el funcionamiento de los componentes del sistema de abastecimiento.

Cabe resaltar que, la fuente propuesta cuenta con un caudal de 2.01 L/s, lo que significa, que es suficiente para abastecer la demanda de la comunidad.

De tal manera, que se propone un mini acueducto por gravedad con una configuración fuente-tanque-red, y de esta manera, tomar beneficios de la topografía de la localidad.

Por consiguiente, mediante el levantamiento topográfico se conoce que el tramo de la línea de conducción tiene una longitud de 1,236.00 m compuesta de tubería de PVC de diámetro de 1 ½ pulg en SDR 26 y la red de distribución tiene una longitud de 5,279.293 m compuesta por 2322.623 m de tubería de 2 pulg y 2956.67 m de tubería de 1 ½ pulg ambas de PVC en SDR 26.

La red de agua potable se diseñó utilizando el programa EPANET, para determinar los cálculos hidráulicos, y el software de AutoCAD para la elaboración de planos, cumpliendo con lo establecido según las normas del INAA.

*Palabras claves:* población, demandas, caudal, conducción, potabilización, distribución.

# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I.- ASPECTOS GENERALES .....</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes .....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos .....	4
1.4.1 Objetivo general .....	4
1.4.2 Objetivos específicos .....	4
<b>CAPÍTULO II.- MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
2.1 Sistema de abastecimiento de agua potable.....	5
2.2 Mini acueducto por gravedad (MAG).....	5
2.3 Fuente de abastecimiento .....	5
2.3.1 Aguas superficiales .....	6
2.4 Calidad del agua .....	6
2.5 Población a servir.....	6
2.6 Consumo de agua .....	6
2.6.1 Dotación.....	7
2.7 Periodo de diseño .....	7
2.8 Obra de captación .....	7
2.9 Línea de conducción .....	7
2.9.1 Carga disponible .....	8
2.9.2 Línea de gradiente hidráulica.....	8
2.9.3 Pérdidas de carga.....	8
2.9.4 Presiones .....	8
2.10 Tratamiento de agua .....	8
2.10.1 Planta de tratamiento.....	8

2.10.2 Desinfección .....	9
2.11 Almacenamiento.....	9
2.11.1 Tanque de almacenamiento.....	10
2.12 Red de distribución.....	10
2.12.1 Tomas domiciliarias .....	10
<b>CAPÍTULO III.- DISEÑO METODOLÓGICO.....</b>	<b>11</b>
3.1 Primera etapa.....	11
3.1.1 Área de estudio .....	11
3.1.2 Tipo de estudio .....	12
3.1.3 Universo.....	12
3.1.4 Fuentes de recolección de datos .....	13
3.1.5 Fuentes secundarias.....	13
3.1.6 Herramientas usadas para recolección de datos de la zona.....	14
3.1.7 Procesamiento y análisis de datos.....	14
3.2 Segunda etapa.....	15
3.2.1 Proyección de población y consumos.....	15
3.2.2 Aforo de la fuente.....	18
3.2.3 Balance de agua .....	18
3.2.4 Análisis de la calidad de agua.....	18
3.2.5 Sistema de tratamiento .....	19
3.3 Tercera etapa.....	28
3.3.1 Estudio topográfico .....	28
3.3.2 Línea de conducción .....	29
3.3.3 Almacenamiento .....	37
3.3.4 Desinfección .....	37

3.3.5 Red de distribución .....	38
3.4 Cuarta etapa.....	40
3.4.1 Análisis hidráulico de la red de distribución .....	41
3.4.1 Análisis hidráulico del cloro residual .....	41
<b>CAPÍTULO IV.- CÁLCULOS Y RESULTADOS.....</b>	<b>42</b>
4.1 Primera etapa.....	42
4.1.1 Localización .....	42
4.1.2 Jurisdicción política.....	44
4.1.3 Vías de comunicación .....	45
4.1.4 Población .....	45
4.1.5 Educación .....	46
4.1.6 Situación económica de la población .....	47
4.1.7 Recurso y servicio de agua.....	48
4.1.8 Programa de saneamiento rural.....	48
4.1.9 Situación habitacional .....	49
4.1.10 Salud.....	50
4.1.11 Energía eléctrica .....	51
4.1.12 Aspectos ambientales .....	51
4.2 Segunda etapa.....	52
4.2.1 Proyección de población y consumos .....	52
4.2.2 Aforo de la fuente.....	56
4.2.3 Balance de agua .....	57
4.2.4 Análisis de calidad de agua .....	57
4.2.5 Sistema de tratamiento .....	60
4.3 Tercera etapa.....	71

4.3.1 Estudio topográfico .....	71
4.3.2 Diseño de línea de conducción .....	71
4.3.3 Diseño de tanque de almacenamiento.....	75
4.3.4 Desinfección .....	76
4.3.1 Red de distribución .....	78
4.4 Cuarta etapa.....	80
4.4.1 Análisis hidráulico de la red de distribución .....	80
4.4.2 Análisis del cloro residual.....	89
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>90</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>92</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>93</b>

## ÍNICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Periodos de diseño .....	17
<b>Tabla 2</b> Tecnologías aplicadas para tratamientos sin coagulación química.....	20
<b>Tabla 3</b> Variables de diseño para el desarenador.....	22
<b>Tabla 4</b> Variables de diseño para desarenador.....	23
<b>Tabla 5</b> Calidad de agua .....	24
<b>Tabla 6</b> Tasa de infiltración .....	24
<b>Tabla 7</b> Grava de soporte en cuatro capas .....	25
<b>Tabla 8</b> Número de unidades por rango poblacional.....	25
<b>Tabla 9</b> Cajas filtro por unidad .....	26
<b>Tabla 10</b> Variables básicas del filtro lento descendente .....	26
<b>Tabla 11</b> Diámetros de recolector principal y lateral .....	27
<b>Tabla 12</b> Pérdidas en el proceso de filtración .....	27
<b>Tabla 13</b> Consumos de diseño.....	28
<b>Tabla 14</b> Diseño de la línea de conducción I .....	29
<b>Tabla 15</b> Coeficiente de rugosidad de Hazen - Williams.....	30
<b>Tabla 16</b> Diseño de la línea de conducción II.....	30
<b>Tabla 17</b> Diseño de la línea de conducción III.....	33
<b>Tabla 18</b> Ingreso económico mensual .....	47
<b>Tabla 19</b> Tipo de abastecimiento de agua .....	48
<b>Tabla 20</b> Interés en el sistema de abastecimiento .....	48
<b>Tabla 21</b> Tenencia de propiedad.....	49
<b>Tabla 22</b> Confinamiento de ambientes.....	49

<b>Tabla 23</b>	Tipo de pisos .....	50
<b>Tabla 24</b>	Situación de salud en la vivienda .....	50
<b>Tabla 25</b>	Información de censos .....	52
<b>Tabla 26</b>	Datos básicos de diseño .....	53
<b>Tabla 27</b>	Tabla de proyección de población y consumos.....	55
<b>Tabla 28</b>	Parámetros de agua cruda, fisicoquímicos .....	58
<b>Tabla 29</b>	Parámetros de agua cruda, bacteriológicos .....	59
<b>Tabla 30</b>	Parámetros de agua cruda, metales pesados.....	60
<b>Tabla 31</b>	Parámetros de diseño del dique de toma central .....	62
<b>Tabla 32</b>	Cálculo de rejilla y canal de aprobación .....	63
<b>Tabla 33</b>	Cálculos de cámaras de recolección.....	64
<b>Tabla 34</b>	Cálculos de altura muro de contención .....	65
<b>Tabla 35</b>	Cálculos de desagüe del caudal de excesos .....	65
<b>Tabla 36</b>	Cálculo de tubería de excesos .....	65
<b>Tabla 37</b>	Dimensiones finales del dique de toma.....	66
<b>Tabla 38</b>	Valores preliminares de diseño del desarenador .....	67
<b>Tabla 39</b>	Memoria de cálculo del diseño del desarenador .....	68
<b>Tabla 40</b>	Dimensiones del desarenador.....	69
<b>Tabla 41</b>	Variables básicas del filtro lento descendente .....	69
<b>Tabla 42</b>	Diámetros de recolector principal y lateral .....	70
<b>Tabla 43</b>	Pérdidas en el proceso de filtración .....	70
<b>Tabla 44</b>	Datos básicos para el cálculo de línea de conducción .....	72
<b>Tabla 45</b>	Consolidado L.C.....	73

<b>Tabla 46</b> Consolidado L.C.....	73
<b>Tabla 47</b> Diseño del tanque de almacenamiento .....	75
<b>Tabla 48</b> Dimensiones del tanque.....	76
<b>Tabla 49</b> Dosis para desinfección .....	77
<b>Tabla 50</b> Distancias nodales .....	78
<b>Tabla 51</b> Caudales nodales .....	79
<b>Tabla 52</b> Resultados de presiones (CMH y tanque lleno).....	82
<b>Tabla 53</b> Resultados de velocidades (CMH y tanque lleno).....	83
<b>Tabla 54</b> Resultados de presiones (CMH y 1/3 tanque).....	85
<b>Tabla 55</b> Resultados de velocidades (CMH y 1/3 tanque) .....	86
<b>Tabla 56</b> Resultados de presiones (Demanda cero y tanque lleno).....	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Procedimiento experimental .....	11
<b>Figura 2</b> Perfil longitudinal de la línea de conducción.....	35
<b>Figura 3</b> Esquema de sistema de abastecimiento .....	40
<b>Figura 4</b> Macro localización de Jalapa.....	43
<b>Figura 5</b> Micro localización de la comunidad .....	44
<b>Figura 6</b> Distribución de población por género .....	45
<b>Figura 7</b> Nivel de escolaridad de los habitantes, comunidad Santa Cruz .....	46
<b>Figura 8</b> Personas que trabajan dentro de la comunidad .....	47
<b>Figura 9</b> ¿Cuánto pagaría por el servicio?.....	49
<b>Figura 10</b> Estado de las letrinas .....	51
<b>Figura 11</b> Aforo de la fuente .....	56
<b>Figura 12</b> Arreglo de la planta de tratamiento de agua potable .....	61
<b>Figura 13</b> Valores de presiones y velocidades (CMH y tanque lleno).....	81
<b>Figura 14</b> Valores de presiones y velocidades (CMH y 1/3 tanque) .....	84
<b>Figura 15</b> Valores de presiones y velocidades (Demanda cero y tanque lleno) .....	87
<b>Figura 16</b> Evolución del cloro residual al cabo de 2,4 y 8 h respectivamente....	89

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1</b> Proyección de la población.....	15
<b>Ecuación 2</b> Tasa de crecimiento .....	15
<b>Ecuación 3</b> Caudal (Método volumétrico).....	18
<b>Ecuación 4</b> Carga estática .....	31
<b>Ecuación 5</b> Pérdida de carga unitaria.....	31
<b>Ecuación 6</b> Diámetro (Hazen – Williams) .....	31
<b>Ecuación 7</b> Standard Dimension Ratio .....	32
<b>Ecuación 8</b> Velocidad en la tubería .....	33
<b>Ecuación 9</b> Pérdida de carga unitaria (Hazen - Williams) .....	33
<b>Ecuación 10</b> Principio de Bernoulli .....	34
<b>Ecuación 11</b> Presión final de tramo.....	34
<b>Ecuación 12</b> Celeridad .....	35
<b>Ecuación 13</b> Periodo de la tubería .....	36
<b>Ecuación 14</b> Sobre presión en la tubería .....	36
<b>Ecuación 15</b> Presión total en la tubería.....	36
<b>Ecuación 16</b> Gasto de hipoclorito de sodio .....	38
<b>Ecuación 17</b> Caudal del hipoclorador.....	38
<b>Ecuación 18</b> Pérdidas por fricción .....	39
<b>Ecuación 19</b> Caudal unitario.....	39
<b>Ecuación 20</b> Caudal nodal .....	40

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Apéndice A</b> - Encuesta socioeconómica de agua y saneamiento .....	II
<b>Apéndice B</b> - Evidencia del cronograma de trabajo .....	VII
<b>Apéndice C</b> - Pruebas de calidad del agua cruda .....	IX
<b>Apéndice D</b> - Consolidado del levantamiento topográfico .....	XII
<b>Apéndice E</b> - Especificaciones de tuberías de PVC (Amanco Wavin, 2021)..	XIV
<b>Apéndice F</b> - Consolidado de simulación del cloro residual en la red .....	XV
<b>Apéndice G</b> - Planos del sistema de abastecimiento de agua potable.....	XVI

## **ABREVIATURAS Y SIGLAS**

AF: Alcalinidad a la fenolftaleína

$\text{AlCl}_3$ : Cloruros

As T: Arsénico total

AT: Alcalinidad total

Ca: Calcio

$\text{CaCO}_3$ : Carbonatos

$\text{CaCO}_3$  T: Carbonato total

CAPRE: Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana

CAPS: Comités de Agua Potable y Saneamiento

CE: Conductividad eléctrica

cm: Centímetros

CMD: Consumo máximo día

CMH: Consumo máximo hora

Coli T: Coliformes totales

CPD: Consumo promedio diario

CPDT: Consumo promedio diario total

Cu T: cobre total

CV: Color verdadero

E/coli: Escherichia coli

ENACAL: Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados

F: Fluoruros

Fe T: Hierro total

FISE: Fondo de Inversión Social de Emergencia

G.A: Golpe de ariete

gpm: Galones por minuto

H.F: Hierro fundido

H.G. Hierro galvanizado

Hf: Pérdidas por fricción

Hg: Mercurio total

HI: Pérdidas localizadas

INAA: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados

INETER: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

K: Potasio

km: Kilómetro

L/s: Litros por segundo

L: Litro

lppd: Litros por persona por día

m.s.n.m: Metros sobre el nivel del mar

m.c.a: Metros columna de agua

m/s: Metros por segundos

m: Metros

m<sup>2</sup>: Metros cuadrados

m<sup>3</sup>: Metros cúbicos

MAG: Mini acueducto por gravedad

Mg: Magnesio

mm: Milímetros

Na: Sodio

NaHCO<sub>3</sub>: Bicarbonatos

NO<sub>2</sub>: Nitritos

NO<sub>3</sub>: Nitratos

NTON 09 001-99: Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural.

Pb T: Plomo total

pH: Potencial de hidrógeno

pulg: Pulgadas

PVC: Cloruro de polivinilo

SAAP: Sistema de Abastecimiento de Agua Potable

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>: Sulfatos

STD: Sólidos totales disueltos

UNT: Unidades de turbidez



# Capítulo I. Aspectos generales

---



## **CAPÍTULO I.- ASPECTOS GENERALES**

### **1.1 Introducción**

Nicaragua al ser un país en vías de desarrollo está siendo partícipe de diversos proyectos, siendo uno de los más importantes, la cobertura de agua y saneamiento. Según datos obtenidos del Sistema de Información de Agua y Saneamiento Rural (SIASAR, 2017) actualmente a nivel de país existen 5,711 sistemas de abastecimiento de agua potable, de los cuales 1,646 son mini acueductos por gravedad (MAG). En la región central del país, se contabiliza un total de 1,249 mini acueductos por gravedad que corresponden a los ocho departamentos que la conforman.

Por otra parte, uno de los principales problemas que afectan a las comunidades de la ciudad de Jalapa según informe presentado por la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ENACAL), es que a pesar que el municipio cuenta con varias fuentes de agua a través de los ríos Solonlí, Aguas Calientes y esteros; existe un déficit del vital líquido, así como, la calidad de agua que incumple con lo establecido en la Normas de Calidad del Agua para el Consumo Humano (CAPRE 2000).

La comunidad de Santa Cruz se encuentra aproximadamente a 10 km de la cabecera municipal de Jalapa (ver ubicación en anexo A); está claro que no es la excepción en la problemática de abastecimiento de agua en la que se encuentra el municipio de Jalapa, presentando dificultades en el acceso del agua de consumo humano, ya que las posibles fuentes no cumplen con los requerimientos sanitarios establecidos en las normativas del país en materia de abastecimiento.

Después de lo antes expuesto, se realizará una propuesta para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua en la comunidad de Santa Cruz, municipio de Jalapa, departamento de Nueva Segovia, para mejorar la calidad de vida de los pobladores, así como, reducir el índice de enfermedades de origen hídrico, que aquejan a la población de esta comunidad.

De ahí que, se realizarán los análisis físico – químico y bacteriológico de la fuente de abastecimiento para garantizar que el agua suministrada será apta para el consumo humano, de esta manera, se estará cumpliendo con lo establecido en la CAPRE 2000.

Por consiguiente, se realizarán los cálculos para el diseño del sistema de agua potable que se basarán en la “Norma técnica para el diseño de abastecimiento y potabilización de agua” del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA).

## **1.2 Antecedentes**

En el departamento de Nueva Segovia se han construido diversos sistemas de abastecimiento de agua potable (por gravedad o bombeo), esto con la finalidad de suplir las necesidades del vital líquido a las comunidades que no contaban con el acceso a este servicio. En Nueva Segovia se contabilizaron 171 sistemas de abastecimiento de agua potable por gravedad, de estos 46 son ubicados en el municipio de Jalapa.

Debido a la falta de información en la alcaldía municipal de Jalapa, se recopiló información del SIASAR, donde se encontró lo siguiente:

En el año de 1988 se diseñó un proyecto de abastecimiento para suplir las demandas de los pobladores, pero por falta de fondos por parte de la municipalidad solo se concretó la construcción de la captación.

Posteriormente en 1993, se retoma el diseño y construcción del proyecto de abastecimiento por gravedad, y se logra la construcción de la línea de conducción y el tanque de almacenamiento, así como, los puestos públicos de los que se abastecían los pobladores.

Teniendo en cuenta que la población continuó su crecimiento y ante la falta de mantenimiento en las obras, el proyecto es clausurado por deficiencias en el sistema, ya que no se abastecía de agua en cuanto a calidad (inexistencia de planta de tratamiento y desinfección) y cantidad (problemas de velocidades y presiones). Por lo que hasta la fecha la población no ha recibido respuesta ante la problemática antes expuesta.

Cabe resaltar que el último proyecto se ejecutó hace más de 28 años, lo que significa que el periodo de diseño y vida útil caducó.

### **1.3 Justificación**

Según la caracterización, realizada por la alcaldía de Jalapa en el año 2020, la comunidad cuenta con 476 habitantes distribuidos en 68 viviendas, los que actualmente consumen agua que no cumple con límites máximos permisibles de la CAPRE, además de la falta de una conexión de patio lo hace que los pobladores tomen el vital líquido directamente de la fuente, debido a que no tienen un sistema de abastecimiento para satisfacer las necesidades básicas de higiene personal y del hogar.

Con la implementación de este proyecto se mejorarán los siguientes indicadores:

- ✓ Sostenibilidad técnica:
  - Se mejorará el acceso al vital líquido, proveyendo las condiciones de calidad y cantidad establecidas, en las normas CAPRE 2000 y NTON 09 001-99.
  
- ✓ Sostenibilidad social:
  - Se abastecerá de manera equitativa a toda la población actual, promoviendo una cultura integral de buenas prácticas en pro del cuidado, mantenimiento y operación del sistema de abastecimiento, garantizando su funcionalidad dentro del periodo de diseño.

- Se reducirá el estrés y desgaste físico que sufren los miembros de las familias cuando deben acarrear el agua hasta sus hogares.
- Se disminuirán la prevalencia de enfermedades infecto contagiosas que se presentan en la época de lluvias, tales como, diarrea, dolores estomacales, parasitosis y hepatitis.

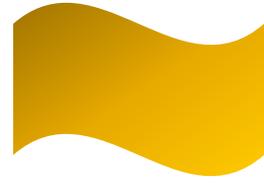
## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

- Diseñar un sistema de abastecimiento de agua para la comunidad de Santa Cruz, municipio de Jalapa, departamento de Nueva Segovia.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Realizar un diagnóstico de las características actuales de la población de la comunidad de Santa Cruz, a través de encuestas.
- Realizar el análisis físico – químico y bacteriológico de la fuente de abastecimiento para garantizar que el agua suministrada es apta para el consumo humano de acuerdo a lo establecido en la CAPRE 2000.
- Realizar un estudio topográfico que genere los niveles del terreno para el diseño hidráulico de los componentes del sistema para cumplir de esta manera con lo indicado en las normas de diseño de abastecimiento.
- Determinar la oferta y demanda futura de agua potable para la comunidad de estudio usando como criterio lo establecido en la NTON 09 001-99.
- Realizar el diseño hidráulico de la red de distribución y la línea de conducción tomando en cuenta el levantamiento topográfico, auxiliados con el programa EPANET.



# Capítulo II. Marco

---

## teórico



## **CAPÍTULO II.- MARCO TEÓRICO**

Las definiciones contempladas a continuación, han sido recopiladas de distintas fuentes, entre las más destacadas tenemos: *Abastecimiento de agua* del autor Pedro Rodríguez Ruiz (2001), *Agua potable para poblaciones rurales* de Roger Agüero Pittman (2003), *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados* de Ricardo Alfredo López Cualla (1995) y las normas de abastecimiento vigentes en nuestro país.

### **2.1 Sistema de abastecimiento de agua potable**

Un sistema de abastecimiento de agua son un conjunto de elementos cuya finalidad es la de transportar el líquido desde una fuente de captación (subterránea o superficial) a través de tuberías, hasta las viviendas o hacia una fuente de uso público, cumpliendo con estándares de calidad y cantidad. Está conformado por diferentes componentes tanto de obra física como por actividades que permiten su adecuado funcionamiento.

### **2.2 Mini acueducto por gravedad (MAG)**

Es un sistema de abastecimiento de agua en el cual el vital líquido es captado desde una fuente superficial hasta un tanque de almacenamiento, situado a mayor altura que las viviendas y a menor que la fuente, donde posteriormente por efecto de su propio peso (gravedad) y por medio de tuberías el agua baja hasta llegar a las conexiones domiciliarias (FISE, 2000).

### **2.3 Fuente de abastecimiento**

Las fuentes de abastecimiento se tienen fuentes superficiales y subterráneas. De las cuales las fuentes superficiales (lagos, ríos, entre otros) que generalmente conducen aguas con la presencia de sedimentos y residuos orgánicos.

En el caso de las fuentes subterráneas (manantiales, pozos someros, entre otros) poseen un bajo nivel de contaminación.

### **2.3.1 Aguas superficiales**

Están constituidas por cuerpos de agua que discurren naturalmente en la superficie terrestre (Pittman, 1997).

### **2.4 Calidad del agua**

La vigilancia de la calidad del agua de consumo puede definirse como la evaluación y examen, de forma continua y vigilante, desde el punto de vista de la salud pública, de la inocuidad y aceptabilidad de los sistemas de abastecimiento de agua de consumo (OMS, 2006).

Para proteger la calidad del agua se deben prever las condiciones presentes y futuras, para la preservación de las fuentes de agua, evitando contaminaciones del tipo, doméstico, agrícola, industrial, o de cualquier otra índole (NTON 09 001-99, 1999).

### **2.5 Población a servir**

El factor población es el determinante de los requerimientos de agua. Se considera que todas las personas utilizarán el sistema de abastecimiento (Pittman, 1997).

En los mini acueductos la población a servir estará en dependencia de las características de la población objeto del estudio. El tipo y configuración de la comunidad y las características tecnológicas de las instalaciones a establecerse (NTON 09 001-99, 1999).

### **2.6 Consumo de agua**

Independientemente que la población sea rural o urbana, se debe considerar el consumo doméstico, el industrial, el comercial, el público y el consumo por pérdidas (Pittman, 1997).

### **2.6.1 Dotación**

De acuerdo al INAA (1999) la dotación de agua es la cantidad de líquido suministrada a cada habitante, este dato es producto del estudio de la necesidad de agua en una población para suplir las necesidades inmediatas y futuras.

La dotación de agua depende de los siguientes factores:

- ✓ Nivel de servicio adoptado
- ✓ Factores geográficos
- ✓ Factores culturales
- ✓ Uso del agua

### **2.7 Periodo de diseño**

En la determinación del tiempo real para el cual se considera funcional el sistema, intervienen una serie de variables que deben ser evaluadas para lograr un proyecto económicamente viable. Por lo tanto, el periodo de diseño puede definirse como el tiempo en el cual el sistema será 100 % eficiente, ya sea por capacidad en la conducción del gasto deseado o por la existencia física de las instalaciones (Pittman, 1997).

### **2.8 Obra de captación**

Elegida la fuente de agua e identificada como el primer punto del sistema de agua potable, en el lugar de afloramiento se construye una estructura de captación que permita recolectar el agua, para que luego pueda ser conducida mediante las tuberías de conducción hacia el reservorio (Pittman, 1997).

### **2.9 Línea de conducción**

Es el conjunto de tuberías, válvulas, accesorios, estructuras y obras de arte encargados de la conducción de agua desde la captación hasta el reservorio, aprovechando la carga estática existente. Se debe utilizar la energía máxima disponible para conducir el gasto deseado (Pittman, 1997).

### **2.9.1 Carga disponible**

Es la diferencia de elevaciones entre la obra de captación y almacenamiento (Pittman, 1997).

### **2.9.2 Línea de gradiente hidráulica**

Representa la presión de agua a lo largo de la tubería, bajo condiciones de operación, permitiendo identificar una presión residual, que puede ser positiva o negativa, indicando si hay suficiente energía para mover la cantidad de agua deseada.

Si la energía no es suficiente (presión negativa) se puede volver a trazar la L.G.H usando un menor caudal, y/o un diámetro mayor, con la finalidad de tener una presión residual positiva en toda la longitud de la tubería (Pittman, 1997).

### **2.9.3 Pérdidas de carga**

Es el gasto de energía necesario para vencer la resistencia oponente, al flujo del agua, de un punto a otro en una sección de tubería (Pittman, 1997).

### **2.9.4 Presiones**

En la línea de conducción, la presión representa la cantidad de energía gravitacional contenida en el agua, en un tramo de tubería operando a tubo lleno (Pittman, 1997).

## **2.10 Tratamiento de agua**

En la actualidad, ningún agua es apta para el consumo humano, además, siempre requerirá un tratamiento mínimo de cloración, con el fin de prevenir la contaminación con organismos patógenos durante la conducción del agua (López Cualla, 2003).

### **2.10.1 Planta de tratamiento**

Es un subconjunto del sistema, cuya función consiste en realizar un tratamiento al agua para mejorar su calidad y garantizar su aptitud para el consumo humano. Algunos de los tratamientos más comunes utilizados en mini acueductos son la

filtración lenta mediante filtros de arena y grava. Sin embargo, cuando las características del agua cruda son adecuadas para el consumo, es decir, que no requiere la remoción de algún agente contaminante, se descarta el tratamiento y se procede únicamente a utilizar desinfección por cloración, lo cual se realiza en la obra de almacenamiento, en la cual se instala un hipoclorador de carga constante de fabricación nacional (FISE, 2000).

### **2.10.2 Desinfección**

El agua que se utiliza para el abastecimiento de una población, para usos básicamente domésticos, debe ser, específicamente un agua exenta de organismos patógenos que evite brotes epidémicos de enfermedades de origen hídrico. Para lograr esto, será necesario desinfectar el agua mediante tratamientos físicos o químicos que garanticen su buena calidad.

Existen varias sustancias químicas que se emplean para desinfectar el agua, siendo el cloro el más usado universalmente, dado a sus propiedades oxidantes y su efecto residual para eliminar contaminaciones posteriores; también es la sustancia química que más económicamente y con mejor control y seguridad se puede aplicar al agua para obtener su desinfección.

El cloro se presenta puro en forma líquida o compuesta, como hipoclorito de calcio, el cual se obtiene en forma de polvo blanco y en pastillas, o como hipoclorito de sodio de configuración líquida (NTON 09 001-99, 1999).

### **2.11 Almacenamiento**

Los depósitos para el almacenamiento en los sistemas de abastecimiento de agua, tienen como objetivos: suplir la cantidad necesaria para compensar las máximas demandas que se presenten durante su vida útil, brindar presiones adecuadas en la red de distribución y disponer de reserva ante eventualidades e interrupciones en el suministro de agua.

Tomándose en cuenta estos objetivos, se definen cuatro aspectos a considerar en el almacenamiento que son: La capacidad, la localización, la clase de tanque y el tipo de tanque. La capacidad debe contemplar un volumen para compensar

variaciones horarias del consumo igual a 15% del CPD, un volumen de reserva para atender eventualidades en caso de emergencia, reparaciones en línea de conducción u obras de captación igual a 20% del CPD. Por lo tanto, la capacidad del tanque es equivalente a 35% del CPD. La localización debe ser próximo al poblado tomando en cuenta la topografía del terreno para asegurar presiones de servicio aceptables.

Las clases de tanque pueden ser de mampostería, hormigón armado y acero. Por último, los tipos de tanque que se han recomendado construir en el país son: tanque sobre el suelo, tanque elevado y cisterna (NTON 09 001-99, 1999).

### **2.11.1 Tanque de almacenamiento**

Los depósitos para el almacenamiento en los sistemas de abastecimiento de agua tienen como objetivo; suplir la cantidad necesaria para compensar las máximas demandas que se presenten durante su vida útil. Brindar presiones adecuadas en la red de distribución y disponer de reserva ante eventualidades e interrupciones en el suministro de agua (NTON 09 001-99, 1999).

## **2.12 Red de distribución**

Es el sistema de conductos cerrados, que permite distribuir el agua bajo presión a los diversos puntos de consumo, que pueden ser conexiones domiciliarias o puestos públicos (NTON 09 001-99, 1999).

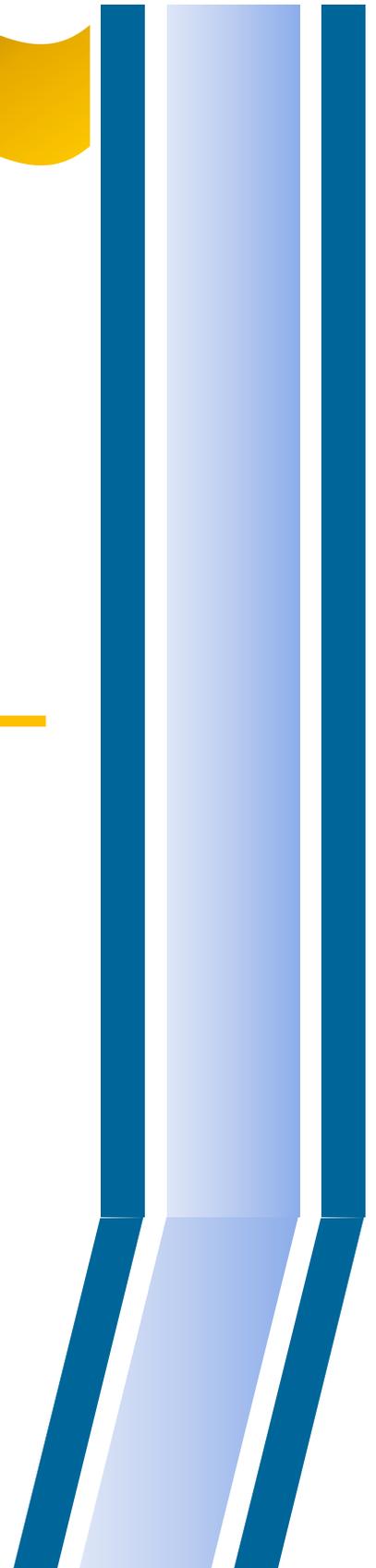
### **2.12.1 Tomas domiciliarias**

Son tomas de agua que se aplican en el sector rural, pero en ocasiones esporádicas y sujetas a ciertas condiciones, tales como disponibilidad suficiente de agua, bajo costos de operaciones (sistemas por gravedad), capacidad de pago de la población y número de usuarios del servicio (NTON 09 001-99, 1999).



# Capítulo III. Diseño metodológico

---



## CAPÍTULO III.- DISEÑO METODOLÓGICO

El procedimiento experimental planteado en la monografía se realizará en cuatro etapas, las cuales están resumidas en la figura 1.

**Figura 1.** Procedimiento experimental



### 3.1 Primera etapa

La primera etapa abordará la recopilación de información procedentes de los estudios realizados en la zona, así como, el levantamiento de información más actualizada (encuesta socioeconómica).

#### 3.1.1 Área de estudio

De acuerdo a la alcaldía de Jalapa la comunidad de Santa Cruz se encuentra localizada en el sector sur del municipio de Jalapa, departamento de Nueva Segovia; en las coordenadas geográficas: latitud 13° 50' 13.7" norte, longitud 86° 08' 8.1" oeste.

### 3.1.2 Tipo de estudio

Según Hernández, Fernández y Baptista (2018); Dankhe (1986), existe cuatro tipos de investigación; exploratorios, descriptivos, correlacionales y explicativos. En este caso se explica el tipo de investigación:

- **Descriptivo:** Se describen los hábitos de saneamiento de los pobladores, a través, de la descripción actual de cómo se abastecen, usos del agua en los hogares, así como, la organización comunitaria y los hábitos de higiene, entre otros.
- **Cuantitativa:** Se realizarán las cuantificaciones de las concentraciones de diversos contaminantes presentes en el agua cruda de la fuente de abastecimiento para ser verificados con los límites máximos permisibles de la CAPRE. Así como, la cuantificación del número de pobladores en la actualidad para posteriormente cuantificar a un horizonte de 20 años la población futura que será abastecida.
- **De corte transversal:** Debido a que se analizaran variables en un tiempo determinado, como es el caso de los aforos a la fuente de abastecimiento.

De acuerdo a Fernández et al. (2017) una investigación puede tener una combinación de los diferentes tipos de enfoques, pero nunca podrá ser básicamente de un solo tipo, sino que siempre tendrá elementos de alguno de los otros tipos de enfoques. Es por esta razón que la investigación es de enfoque mixto.

### 3.1.3 Universo

Para la recopilación de datos correspondiente al primer objetivo de la primera etapa de la investigación (diagnostico socioeconómico de la comunidad), se realizará por medio de encuestas para posteriormente hacer un análisis de las variables. El universo comprenderá a las familias que se beneficiaran del sistema de abastecimiento de agua potable.

El proceso de encuestado comprenderá en la aplicación de una encuesta socioeconómica, con énfasis en diagnosticar la situación actual en que se suministra el agua para consumo humano dentro de la comunidad (ver modelo de encuesta en anexos, apéndice A). Corresponderá a un típico formato elaborado por el FISE y se aplicará indistintamente a todas las familias beneficiadas de la comunidad.

El procesamiento del material encuestado se realizará con ayuda del programa Microsoft Excel, de manera que se pudiera presentar de forma práctica, por medios gráficos, los resultados obtenidos de las encuestas.

Para los tres objetivos restantes de la primera etapa de la investigación (diagnóstico de la fuente, análisis de la topografía y simulación del sistema), por concernir a un proceso diferente de recolección de información, ya no se hablará de población y muestra, sino solamente de unidad de análisis.

#### **3.1.4 Fuentes de recolección de datos**

- ✓ Reconocimiento del área de estudio.
- ✓ Situación económica de cada familia beneficiada.
- ✓ Datos y mapas de la zona de estudio.
- ✓ Identificación de las posibles fuentes de agua.
- ✓ Ubicación de la captación en la fuente de agua.
- ✓ Características del agua.

#### **3.1.5 Fuentes secundarias**

- ✓ Se solicitará a las instituciones como la alcaldía, ENACAL y MINSA, la información y datos necesarios (ubicación, características locales, entre otros), para tener un mejor orden e información del proyecto.
- ✓ A ENACAL: para obtener información sobre diferentes proyectos de agua potable en la zona. Así como, los parámetros más comunes que evalúan en la calidad de agua de la fuente.

- ✓ INETER: Para recaudar mapas cartográficos y topográficos necesarios para la ubicación de la fuente, de igual manera para el trazado preliminar de la línea para el sistema.
- ✓ Consultas en biblioteca virtual de ENACAL central, con el fin de buscar normas necesarias aplicadas a este tipo de sistema en la parte rural.

### **3.1.6 Herramientas usadas para recolección de datos de la zona**

- ✓ GPS (UniStrong)
- ✓ Equipo para aforo
- ✓ Equipo topográfico (estación total Leyca Ts06, prismas con bastón, trípode, cinta de carrete 30m, cinta métrica)
- ✓ Calculadora
- ✓ Laptop
- ✓ Libreta de campo
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Recipientes destilados para muestras de agua.
- ✓ Termómetro con bulbo de mercurio.

### **3.1.7 Procesamiento y análisis de datos**

Esta etapa corresponderá al análisis y correlación de los resultados de la primera etapa, lo que conllevará a la selección de la dotación, nivel de servicio y toma de decisiones sobre los elementos componentes del sistema más adecuados, de acuerdo a las condiciones socioeconómicas, topográficas, hidrológicas y medioambientales de la comunidad. Por lo que, se implementarán programas como:

- ✓ Microsoft (Excel, Word) para la memoria de cálculo e informe de la formulación del sistema.
- ✓ Procesamiento de datos obtenidos en el levantamiento topográfico mediante el programa CivilCAD.
- ✓ Recopilación de ecuaciones y normas aplicadas al diseño.
- ✓ Simulación del sistema por medio de EPANET.

### 3.2 Segunda etapa

En la segunda etapa se considerarán las especificaciones técnicas recomendadas en: norma de clasificación de recursos hídricos (NTON 05 007-98), norma para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural (NTON 09 001-99), norma para el diseño de sistemas de abastecimiento y potabilización de las aguas (NTON 09 003-99) y norma de calidad del agua para el consumo humano (CAPRE 2000), para definir criterios de las siguientes variables:

#### 3.2.1 Proyección de población y consumos

Según la norma para el cálculo de las poblaciones futuras se usará el método geométrico expresado por la fórmula siguiente:

**Ecuación 1.** Proyección de la población

$$P_n = P_0(1+r)^n$$

**Donde:**

$P_n$ : Población del año "n"

$P_0$ : Población al inicio del periodo de diseño

r: Tasa de crecimiento en el periodo de diseño expresado en notación decimal

n: Número de años que comprende el periodo de diseño

##### 3.2.1.1 Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento se determinará con la fórmula siguiente:

**Ecuación 2.** Tasa de crecimiento

$$r = \left( \left( \frac{P_f}{P_b} \right)^{\frac{1}{n}} \right) - 1$$

**Donde:**

r: Tasa de crecimiento

Pf: Población final o futura

Pb: Población inicial o base

n: Número de años comprendido entre las dos poblaciones

De acuerdo a la NTON 09 001-99, la información de datos poblacionales se recopilará de las siguientes fuentes de información tales como: censos nacionales de los años 1950, 1963, 1995 y 2005, realizados por INIDE y MINSA.

Si no se dispone de datos de población al inicio del periodo de diseño deberá efectuarse un censo poblacional por medio de los representantes comunitarios o promotores sociales, previamente entrenados. Los valores anuales varían de 2.5 a 4%, el proyectista deberá justificar la adopción de tasa de crecimiento.

#### **3.2.1.2 Dotación**

La dotación se fijará de acuerdo a la norma de abastecimiento de agua potable en el medio rural, que en el inciso 3.1, establece lo siguiente:

- a) Para sistemas de abastecimiento, por medio de puestos públicos, se asignará un caudal de 30 a 40 Lppd.
- b) Para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliarias de patio, se asignará un caudal de 50 a 60 Lppd.

#### **3.2.1.3 Población a Servir**

En los mini acueductos por gravedad y captaciones de manantial la población a servir estará en dependencia de las características de la población objeto del estudio, el tipo y configuración de la comunidad y las características tecnológicas de las instalaciones a establecerse.

### 3.2.1.4 Periodo de diseño

Según la norma rural de abastecimiento de agua potable NTON 09 001-99 se fijará la vida útil de cada uno de los componentes de sistema de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 1.** Periodos de diseño

Tipo de componente	Periodo de diseño (años)
Pozos excavados	10
Pozos perforados	15
Captaciones superficiales y manantiales	20
Desarenador	20
Filtro lento	20
Líneas de conducción	15
Tanque de almacenamiento	20
Red de distribución	15

Fuente: NTON 09 001-99

### 3.2.1.5 Variaciones de consumo

De acuerdo a la NTON 09 001-99, se calcularán las variaciones de consumo para dimensionamiento de: sistema de tratamiento de agua potable, línea de conducción y red de distribución.

Consumo máximo día (CMD)= 1.5CPD (Consumo promedio diario) + P

Consumo máximo hora (CMH)= 2.5CPD (Consumo promedio diario) + P

Donde P corresponde a las pérdidas de agua en cada uno de los componentes del sistema.

### 3.2.1.6 Pérdidas de agua en el sistema

De acuerdo al inciso 4.7 de la NTON 09 001-99, cuando se proyectan sistemas de abastecimiento de agua potable, es necesario considerar las pérdidas de agua que se presentan en cada uno de sus componentes, la cantidad total de agua se fija como un porcentaje del consumo promedio diario cuyo valor no deberá ser mayor del 20%.

### 3.2.2 Aforo de la fuente

Se efectuará aplicando el método volumétrico que consiste en lo siguiente:

- ✓ Ubicar un tubo sobre la corriente de la fuente de tal manera que el agua fluya a través de este.
- ✓ Colocar una cubeta en el extremo por donde saldrá el agua con el fin de captar la misma.
- ✓ Registrar el tiempo que tardará en llenarse la cubeta (este procedimiento se realizará cuatro veces al día durante siete días consecutivos, luego, se calculará un promedio diario de los siete días, de esta manera, obtener una mejor precisión del caudal aforado).

El caudal se obtendrá mediante la siguiente fórmula:

**Ecuación 3.** Caudal (método volumétrico)

$$Q = \frac{\text{volumen}}{\text{tiempo}}$$

**Donde:**

Q: Caudal de la fuente

### 3.2.3 Balance de agua

Para considerar la fuente como suministro de agua potable, el caudal de producción deberá ser mayor o igual al consumo máximo diario de la población al final del período de diseño.

$Q_{\text{promedio}} (\text{fuente}) > Q_{\text{demandado}} \text{ por los pobladores (CMD) al año 20.}$

### 3.2.4 Análisis de la calidad de agua

La correcta toma de muestras de agua para su posterior análisis en laboratorio es un proceso complejo y con multitud de aspectos a tener en cuenta antes, durante y después de la captación de esa porción de agua que aportará una determinada información.

Es importante que la muestra de agua tomada sea homogénea y representativa, y que el proceso de toma, transporte y conservación no modifiquen las propiedades a analizar. Esto es esencial para evitar resultados de ensayo cuya fiabilidad pueda ser cuestionada, de ahí que, se extraerá la muestra de la fuente aplicando las recomendaciones dadas en la norma ISO 5667-3 para enviarlas al laboratorio donde se les realizará un análisis fisicoquímico, bacteriológico y de metales pesados.

Luego se interpretarán los resultados obtenidos, comparándolos con los valores admisibles y recomendados por la norma NTON 05 007-98 y CAPRE 2000.

### **3.2.5 Sistema de tratamiento**

La norma para la clasificación de los recursos hídricos (NTON 05 007-98), en su acápite 2 establece que el agua para el consumo humano es el agua tipo 1, del cual, se desglosan dos tipos agua 1A y 1B.

Por consiguiente, para determinar cuál es el posible tren de tratamiento de agua, se debe conocer qué tipo de agua es, ya que, según la NTON 05 007-98 las aguas tipo 1A pueden ser tratadas sin procesos químicos, contemplando solo la desinfección y las agua tipo 1B pueden ser acondicionadas por medio de tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y/o cloración.

De igual manera, la NTON 09 001-99 establece que en poblaciones menores de 1000 habitantes se tratará el agua sin coagulantes químicos, debido al alto costo económico que tienen estos, por ende, la selección de la tecnología se basará en lo recomendado en el libro de (Método e técnicas de tratamiento de agua, 1993), ver tabla 2.

Por otra parte, las variables a considerar para la selección de tecnología de tratamiento son: turbiedad, color verdadero, DBO<sub>5</sub>, coliformes totales, coliformes fecales, densidad algal, oxígeno total, hierro total, manganeso, se consideran con el fin, de ver que alcance tiene cada tecnología en cuanto a regular cada una de las concentraciones ajenas al agua, con relación, a los parámetros fisicoquímicos y

bacteriológicos de esta fuente. Entonces, Bernardo & Bernardo (1993), consideran los valores de concentraciones de parámetros de agua cruda para establecer un arreglo de la planta de tratamiento como se puede observar en la tabla 2.

**Tabla 2.** Tecnologías aplicadas para tratamientos sin coagulación química

Parámetros básicos del agua cruda	Valores máximos para tecnologías sin coagulación química				
	Filtración lenta solamente	Filtración lenta con mantas sintéticas	Filtración gruesa + filtración lenta	Filtración gruesa + filtración lenta con mantas sintéticas	Filtración dinámica de grava + filtración gruesa + filtración lenta con mantas sintéticas
	FL Solamente	FL con MS	FG +FL	FG +FL con ms	FD + FG + FL con ms
UNT	10	10	25	50	100
CV	5	5	5	5	10
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	5	5	10	10	10
Colif T	1.000	2.000	5.000	10.000	20.000
Colif fecales	500	600	1.000	3.000	5.000
ρ algal (UPA/ml)	250	250	1.000	1.000	2.000
OD	≥5	≥5	≥4	≥4	≥4
Fe T (mg/L)	1	3	3	3	3
Mn (mg/L)	0.2	0.2	0.3	0.3	0.5

**Nota:** En todos los casos la concentración del hierro debe ser  $Fe \leq 1$  mg/L y del manganeso  $Mn \leq 0.2$  mg/L

Fuente: Bernardo & Bernardo (1993)

### **3.2.5.1 Dique de toma central**

Para la propuesta del dique de toma central se tomarán en cuenta desde el punto de vista hidráulico los siguientes criterios de acuerdo a López Cualla (2003):

- ✓ La bocatoma se diseñará para el caudal máximo diario, el cual, debe ser menor al caudal mínimo del río, este a su vez se determina por mediciones de caudal directo o el estudio hidrológico de la cuenca.
- ✓ Para la rejilla se recomienda un ancho mínimo de 0.40 m y un largo mínimo de 0.70 m para facilitar la operación de limpieza y mantenimiento. Los barrotes pueden ser de varillas de hierro de 1/2", 3/4" o de 1" separadas a cada 0.05 m ó 0.10 m.
- ✓ La pendiente recomendada para el canal de aducción es entre el 1% y el 4% para asegurar una velocidad mínima y facilitar las labores de limpieza. La velocidad de entrega a la cámara de recolección debe ser entre 0.3 m/s y 3.0 m/s. Deberá dejarse un bordo libre de al menos 0.15 m.
- ✓ La cámara de recolección puede ser cuadrada o rectangular de concreto reforzado y sus dimensiones se rigen por las condiciones físicas del alcance de un chorro de agua. En esta se colocará un vertedero para separar el caudal de diseño del caudal de excesos. La cresta del vertedero debe coincidir con el nivel del agua necesario para conducir el caudal de diseño al desarenador.

### **3.2.5.2 Desarenador**

Para evitar la obstrucción de la línea de conducción y los filtros se construirá un desarenador con dos unidades en paralelo, para facilitar la operación y mantenimiento estará situado a 20 m aguas abajo de la obra de captación, de acuerdo a los criterios de la norma NTON 09 001-99.

A continuación, se muestra la tabla 3 con las variables necesarias para el dimensionamiento del desarenador:

**Tabla 3.** Variables de diseño para el desarenador

<b>Datos preliminares</b>	<b>Fórmulas</b>	<b>ud</b>
Velocidad de sedimentación de la partícula <b>Vs</b>	$90 * d^2/\gamma$	m/s
Caudal de diseño <b>Q</b>	CMH	m <sup>3</sup> /s
Diámetro de partículas <b>d</b>	Proponer	mm
Velocidad de arrastre <b>Va</b>	$161 * d^{1/2}$	m/s
Velocidad de flujo <b>Vh</b>	1/3 Va	m/s
Sección transversal <b>a</b>	Q/Vh	m <sup>2</sup>
Área superficial <b>A</b>	(Vh/Vs) *a	m <sup>2</sup>
Ancho del sedimentador <b>B</b>	A/L	m
Longitud de la estructura de entrada <b>L1</b>	Proponer	m
Longitud de la estructura del sedimentador teórica	5 – 9 veces H	m
Altura máxima de sedimentación <b>H</b>	Proponer	m
Altura de agua sobre el sedimentador <b>Ha</b>	Proponer	m
Pendiente del fondo <b>S</b>	Proponer	
Longitud de la cresta del vertedero <b>L</b> de salida igual al ancho del sedimentador <b>B</b>	L = B	m
Velocidad de paso a través de los orificios de la cortina de distribución <b>Vo</b> , velocidad baja para distribuir el flujo	Proponer	m/s
Diámetro de los orificios <b>D</b>	Proponer	m
Número de orificios a lo ancho de <b>N1</b>	Proponer	unidad
Número de filas de orificios en altura de cortina	Proponer	unidad
Sección del canal de limpieza <b>A2</b>	Proponer	m <sup>2</sup>

**Tabla 4.** Variables de diseño para desarenador

Variables de diseño	Fórmulas	ud
Área superficial de la zona de decantación <b>As</b>	$Q / V_s$	m <sup>2</sup>
Longitud de la zona de sedimentación <b>L2</b>	$As / B$	m
Longitud total del sedimentador <b>Lt</b>	$L1 + L2$	m
Relación largo entre ancho de la zona de sedimentación	$Lt / B$	-
Longitud del sedimentador a usar	Proponer	m
<i>Revisar criterios</i>		
Relación largo/alto de la zona de sedimentación $5.00 < Lt/H < 9.00$	$Lt / H$	
Velocidad horizontal del flujo <b>Vh</b>	$(100*Q) / (B*H)$	m/s
Tiempo de retención de la unidad <b>To</b>	$(As*H) / (3600*Q)$	h
Altura máxima en la tolva de lodos <b>H1</b>	$H + (S*L2)$	m
Altura del agua sobre el vertedero de salida <b>H2</b>	$(Q / (1.84*L))^{2/3}$	m
Área total de orificios <b>Ao</b>	$Q / V_o$	m <sup>2</sup>
Área de cada orificio <b>ao</b>	$0.7854 * D^2$	m <sup>2</sup>
Número de orificios <b>n</b>	$Ao / ao$	ud
Altura de la cortina con orificios <b>h</b>	$H - (2H/5)$	m
Espaciamiento entre filas de orificios (Eje altura) <b>a</b>	$h/N2$	m
Espaciamiento lateral con respecto a la pared <b>a1 lat</b>	$(B - a * (N1-1)) / 2$	m
Tiempo de vaciado de la unidad <b>T1</b>	$(60*As*H1) / (4850*A2)$	min
Caudal de diseño de la tubería de desagüe para evitar represamiento en la caja de salida <b>q</b>	$(1000*Lt*B*H1) / (60*T1)$	L/s

### 3.2.5.3 Tratamiento por filtración lenta

La norma técnica para abastecimiento rural, NTON 09 001-99 en el inciso 9.3.3, define los siguientes criterios:

#### a) Calidad de agua

Se deberá verificar que la calidad del agua filtrante satisfaga en época seca y lluviosa los límites de aplicaciones del proceso, ver tabla 5:

**Tabla 5.** Calidad de agua

Parámetro	Valor máximo
Color	< 50 Unidades
Turbiedad	< 50 Unidades

Fuente: NTON 09 001-99

#### b) Tasa de Filtración

Para los valores de tasa de infiltración se tomarán las siguientes consideraciones mostradas en la tabla 6:

**Tabla 6.** Tasa de infiltración

Turbiedad (UTN)	Tasa (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día)
10	7.20 - 20.40
50	4.8
50-100	2.4

Fuente: NTON 09 001-99

#### c) Medio filtrante

Según la norma se propondrá una capa de arena de 1.20 m de espesor con las siguientes características:

- ✓ Tamaño efectivo:  $0.15 \leq TE \leq 0.35$  mm
- ✓ Coeficiente de uniformidad:  $CU \leq 2.00$

Grava de soporte en cuatro capas como se muestra en la tabla 7:

**Tabla 7.** Grava de soporte en cuatro capas

Capa	Tamaño (pulg)	Espesor (m)
1	1 - 2	0.10 - 0.12
2	1/2 - 1	0.08 - 1.10
3	1/4 - 1/2	0.05 - 0.10
	1/8 -1/4	0.05 - 0.10
Fondo		

Fuente: NTON 09 001-99

**d) Sistema de drenaje**

El sistema de drenaje será de tuberías (PVC) perforada con orificios no mayores de una pulgada, las cuales pueden desembocar en forma de espina de pescado a un conducto o tubería central con una pendiente de 1% a 2 %.

**e) Número de unidades**

Se recomendará el uso de dos unidades como mínimo, en cuyo caso cada una de ellas deberá diseñarse para atender el consumo máximo diario. Debe considerarse una capacidad adicional de reserva como se indica en la tabla 8:

**Tabla 8.** Número de unidades por rango poblacional

Población	Número de unidades	Unidades de reserva
> 2000	2	100%
2000 -10000	3	50%

Fuente: NTON 09 001-99

**f) Caja de filtro**

La caja del filtro será rectangular con un borde libre de 0.20 m, construida de concreto simple o reforzado y deberá ser resistente a las diferentes fuerzas que estará sometida durante su vida útil, además deberá ser hermética para evitar pérdidas de agua e ingreso de agentes contaminantes. En el caso de cajas rectangulares las dimensiones deberán estar en la siguiente relación, ver tabla 9:

**Tabla 9.** Cajas filtro por unidad

N° de unidades	Largo/Ancho
2	1.33
3	1.5
4	2

Fuente: NTON 09 001-99

**g) Dispositivos de regulación y control**

Estos dispositivos estarán constituidos por: vertederos, válvulas u otros accesorios, instalados en la entrada o salida del filtro, para mantener la velocidad de filtración a una tasa constante.

**Tabla 10.** Variables básicas del filtro lento descendente

Variable	Simb.	Fórmula	ud	Criterio
Velocidad de filtración	$V_F$	-	m/h	-
Caudal de diseño	CMD	-	m <sup>3</sup> /h	-
Velocidad final	$V_F$	-	m/h	-
Números de módulos	N	-	ud	Propuesto
Área superficial total	$A_s$	$A_s = CMD/V_F$	m <sup>2</sup>	-
Área superficial por modulo	$A_{sm}$	$A_s / N$	m <sup>2</sup>	-
Ancho	a	-	m	-
Largo	b	-	m	-
Relación ancho largo	$R_{a/b}$	a/b	-	-
Vida útil	$V_u$	-		Propuesto

**Tabla 11.** Diámetros de recolector principal y lateral

Variable	Simb.	Fórmula	ud	Criterio
Espaciamiento entre laterales	$E_l$	-	m	$0.5 \leq E_l \leq 1$
Número de laterales	$N_l$	$b/E_l$	-	-
Caudal de lateral	$q_l$	$(CMD/N) / N_l$	$m^3/h$	-
Espesor de orificios	$R_o$	-		$0.0015 \leq R_o \leq 0.005$
Diámetro de orificios	$D_o$	-	pulg	$6 \leq D_o \leq 19 \text{ mm}$
Número de orificios por laterales	$N_{oxl}$	$(A_{sm} * R_o) / (A_o * N_l)$	-	-
Longitud lateral	$L_l$	$a - 0.05$	m	0.05 m
Longitud principal	$L_p$	$b - 0.025$	m	0.025 m
Espaciamiento entre orificio	$E_{lo}$	$2L_l / N_{oxl}$	m	-
Velocidad de laterales	$V_l$	-	m/s	$0.3 \leq V_l \leq 0.5$
Diámetro de laterales	$D_l$	$(4CMD / (V_l \pi))^{1/2}$	m pulg	PVC SDR 41
Diámetro principal	$D_p$	$2 * D_l$	pulg	PVC SDR 41

**Tabla 12.** Pérdidas en el proceso de filtración

Variable	Simb.	Fórmula	ud
Área del orificio del lateral	$A_{ol}$	$\pi * D_o^2 * 1/4$	$m^2$
Velocidad en el orificio	$V_o$	$(q_l / N_{oxl}) / A_{ol}$	m/s
Pérdida de carga por entrada al orificio del lateral	$H_{fo}$	$1.5 V_o^2 / 2g$	m
Gradiente hidráulico en el lateral	$S_l$	$(q_l * n) / (A_{dl} * R_{hl}^{2/3})^2$	
Pérdida de carga en el lateral	$H_{fl}$	$S_l * L_l / 3$	m
Pérdidas por descarga del lateral en el principal	$H_{flp}$	$1.5 V_l^2 / 2g$	m
Velocidad lateral	$V_l$	$q_l / A_{dl}$	m/s
Pérdidas de carga en el principal	$H_{fl}$	$S_p * L_p / 3$	m

Variable	Simb.	Fórmula	ud
Gradiente hidráulico en el principal	$S_p$	$(q_p * n) / (A_{dp} * R_{h1}^{2/3})^2$	
Pérdidas de carga por salida	$H_{fs}$	$1.5 V_p^2 / 2 g$	m
Velocidad principal	$V_p$	$q_p / A_{dp}$	m/s
Pérdidas de carga en el medio filtrante	$H_{ff}$	$0.0608 V_F H_o / D_o^2$	m
Cálculos de pérdidas totales	$H_{ft}$	$H_{fo} + H_{fl} + H_{flp} + H_{fi} + H_{fs} + H_{ff}$	m

### 3.3 Tercera etapa

La tercera etapa contempla la metodología y criterios que se aplicarán para el diseño de los componentes del sistema, en la tabla 13 se detallan los consumos que se utilizarán para el diseño de las diferentes obras del sistema.

**Tabla 13.** Consumos de diseño

Elementos hidráulicos	Variación de consumo
Captación	CMD
Componentes del sistema de tratamiento	CMH
Línea de conducción	CMD
Almacenamiento	CPD
Red de distribución	CMH

#### 3.3.1 Estudio topográfico

La metodología para la realización del estudio topográfico, se llevará a cabo aplicando las recomendaciones brindadas por el FISE a través del documento manual de administración del ciclo de proyecto municipal (2007) - Capítulo VII: "Agua y Saneamiento Rural", sin embargo, debido a las limitaciones, particularmente en equipos, algunos procedimientos deberán ser adaptados a las condiciones de trabajo.

Para realizar esta actividad se llevarán a cabo los siguientes pasos:

- ✓ *Evaluación de la zona:* Permitirá conocer el sitio del proyecto y determinar su cobertura. Además, servirá para preparar el croquis, indicando los límites, caminos, distancias estimadas, y puntos de agua.
- ✓ *Levantamiento topográfico:* Se realizará la planimetría y altimetría de las ciudadelas, y la línea de conducción para ubicar los puntos de mayor y menor elevación que permitirá analizar la ubicación de la fuente y el tanque de almacenamiento.
- ✓ *Elaboración de planos topográfico:* Se elaborarán los planos topográficos de la línea de conducción y distribución utilizando el programa AutoCAD y su complemento CivilCAD.

### 3.3.2 Línea de conducción

El procedimiento de cálculo se ordenará en forma tabular dividido en 3 pasos, dichos pasos se abordarán a más detalle a continuación:

#### 3.3.2.1 Paso 1

En este paso se detallarán las variables necesarias para iniciar el diseño, las cuales están ordenadas en columnas y estas identificadas por letras del alfabeto desde la A hasta la G, como se muestra en la tabla 14:

**Tabla 14.** Diseño de la línea de conducción I

(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
Tramo		Longitud (m)	Caudal (L/s)	Cota i (m)	Cota f (m)	Coef Hazen
Captación	Almacenamiento		CMD			PVC
Est inicial	Est final					

- ✓ *Columna (A) y (B):* Una vez identificado el tramo de diseño se especificarán los estacionamientos de la obra de captación (estación inicial) y el almacenamiento (estación final).

- ✓ *Columna (C)*: Representa la distancia total del tramo en diseño expresada en metros.
- ✓ *Columna (D)*: El caudal de diseño de la línea de conducción corresponderá al consumo máximo día proyectado para el año 20.
- ✓ *Columna (E) y (F)*: Representan las elevaciones (inicial y final respectivamente) del terreno, expresadas en metros sobre el nivel del mar.
- ✓ *Columna (G)*: Coeficiente de rugosidad del material empleado en el conducto, estos valores se reflejan en la tabla 15:

**Tabla 15.** Coeficiente de rugosidad de Hazen - Williams

Material del conducto	Coeficiente de rugosidad (C)
Tuvo de hierro galvanizado (H°. G°)	100
Tuvo de concreto	130
Tuvo de asbesto cemento	140
Tuvo de hierro fundido (H°. F°)	130
Tuvo plástico (PVC)	150

Fuente: NTON 09 001-99

### 3.3.2.2 Paso 2

En este se realizará el cálculo del diámetro a usar en la tubería, así como, su velocidad de flujo, el orden se puede apreciar en la tabla 16:

**Tabla 16.** Diseño de la línea de conducción II

(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)
Carga estática (m)	Perd carga unit disponible (m/km)	Diámetro calculado (pulg)	Diámetro comercial asumido (pulg)		Velocidad (m/s)
			Externo	Interno	

- ✓ *Columna (H)*: La carga estática viene representada por la diferencia de elevación entre la captación y el almacenamiento, como muestra la ecuación 4:

**Ecuación 4.** Carga estática

$$C \text{ est: Cota } i - \text{Cota } f$$

**Donde:**

Cota i: Elevación de la captación en m.s.n.m.

Cota f: Elevación del almacenamiento en m.s.n.m.

- ✓ *Columna (I)*: La pérdida de carga unitaria disponible, se calculará aplicando la ecuación 5:

**Ecuación 5.** Pérdida de carga unitaria

$$H_f = \frac{(\text{Cota } f - \text{Cota } i) * 1000}{L}$$

**Donde:**

H<sub>f</sub>: Pérdida de carga unitaria disponible en m/km

Cota f: Elevación del almacenamiento en m.s.n.m.

Cota i: Elevación de la captación en m.s.n.m.

L: Longitud del tramo en m

- ✓ *Columna (J)*: Para el caso del dimensionamiento del diámetro se aplicará la fórmula de Hazen-Williams ampliamente usada, de la cual se despejará el diámetro como incógnita de interés, como muestra la ecuación 6:

**Ecuación 6.** Diámetro (Hazen – Williams)

$$Q = 0.0004264 C D^{2.63} H_f^{0.54}$$

$$D = \sqrt[2.63]{\frac{Q}{0.0004264 * C * H_f^{0.54}}}$$

**Donde:**

Q: Consumo máximo día en L/s

C: Coeficiente de rugosidad

D: Diámetro en pulg

Hf: Pérdida de carga en m/Km

- ✓ *Columna (K)*: Con el diámetro calculado se buscará un diámetro comercial superior. Se recopilará información de la empresa Amanco Wavin para la elección, ver anexos, apéndice D.
- ✓ *Columna (L)*: Con el diámetro comercial se propondrá una SDR (Standar Dimension Ratio), y se calculará el diámetro interno de la tubería, partiendo de la ecuación de SDR se despejará el espesor hasta finalizar en la ecuación 7:

**Ecuación 7. Standard Dimension Ratio**

$$SDR = \frac{D \text{ ext}}{e}$$

$$e = \frac{D \text{ ext}}{SDR}$$

De allí que, el diámetro interno queda definido como:

$$D \text{ int} = D \text{ ext} - 2e$$

**Donde:**

SDR: Relación diámetro espesor

D ext: Diámetro externo en pulg

D int: Diámetro interno en pulg

e: Espesor de tubería en pulg

- ✓ *Columna (M)*: La velocidad del caudal en la línea de conducción se calculará de acuerdo a la siguiente ecuación:

**Ecuación 8.** Velocidad en la tubería

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}$$

**Donde:**

V: Velocidad en la tubería en m/s

Q Consumo máximo día en m<sup>3</sup>/s

D: Diámetro interno de la tubería en m

**3.3.2.3 Paso 3**

En este último paso se calcularán las pérdidas reales en la línea y la presión final del tramo, las variables de este último paso se indican en la tabla 17:

**Tabla 17.** Diseño de la línea de conducción III

(Ñ)	(O)	(P)	(Q)	(R)
Perd carga unit real (m/km)	Perd de carga total (m)	Cota piezométrica (m.s.n.m)		Presión final del tramo (m)
		Inicial	Final	

- ✓ *Columna (Ñ):* La pérdida de carga unitaria se despejará a partir de la ecuación de Hazen – Williams:

**Ecuación 9.** Pérdida de carga unitaria (Hazen - Williams)

$$Q = 0.0004264 C D^{2.63} H_f^{0.54}$$

$$H_f = \sqrt[0.54]{\frac{Q}{0.0004264 \cdot C \cdot D^{2.63}}}$$

**Donde:**

Q: Consumo máximo día en L/s

C: Coeficiente de rugosidad

D: Diámetro en pulg

Hf: Pérdida de carga en m/Km

- ✓ *Columna (O)*: La pérdida de carga total se calculará multiplicando la pérdida unitaria real por la longitud del tramo.
- ✓ *Columna (P)*: La cota piezométrica inicial coincidirá con la elevación de la obra de captación, puesto que, en ese punto la pérdida total es cero.
- ✓ *Columna (Q)*: La cota piezométrica final se calculará como la diferencia entre la cota piezométrica inicial y la pérdida de carga total.
- ✓ *Columna (R)*: Se planteará la ecuación de Bernoulli entre la cota de captación y la cota de almacenamiento, asumiendo que la tubería está bajo la condición de tubo lleno:

**Ecuación 10.** Principio de Bernoulli

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} - hf$$

Como se usará un solo diámetro para la línea de conducción las velocidades en los dos puntos serán iguales y como el punto uno está abierto a la atmosfera entonces la presión uno es cero; por tanto, la ecuación quedará como:

**Ecuación 11.** Presión final de tramo

$$\frac{P_2}{\gamma} = Z_1 - Z_2 - hf$$

**Donde:**

$\frac{P_2}{\gamma}$ : Presión final del tramo en m

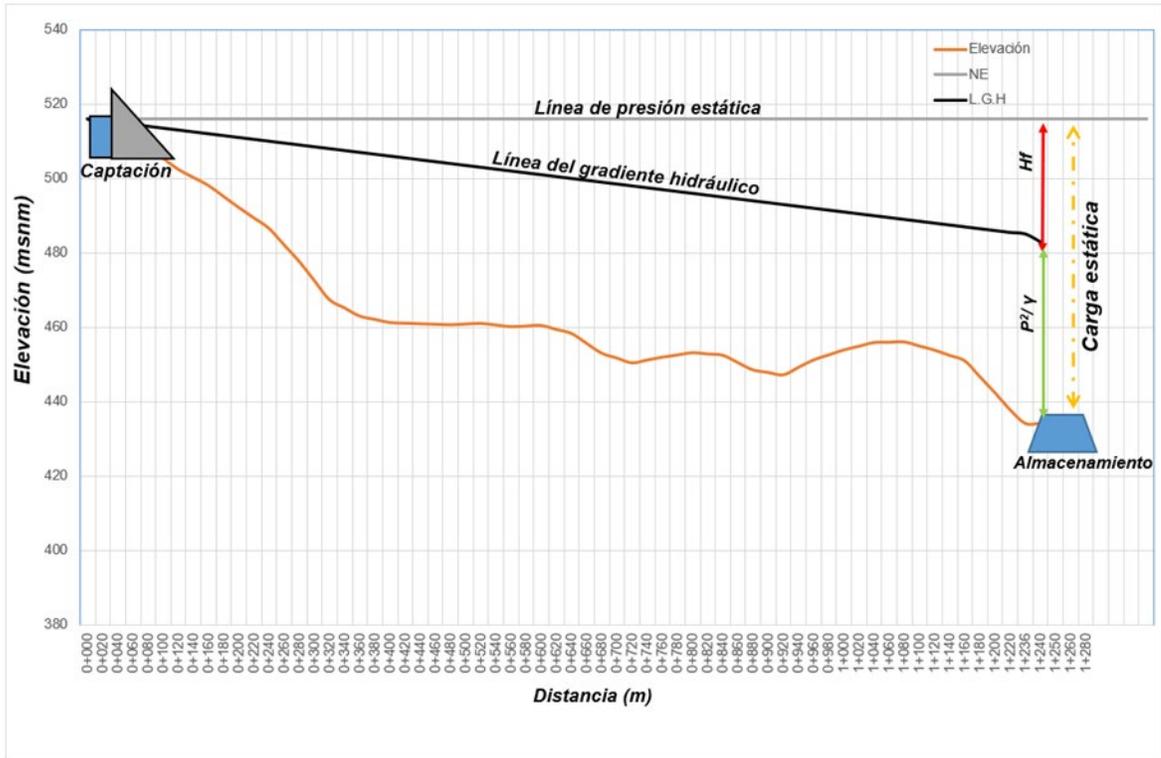
$Z_1$ : Elevación del punto uno (captación) en m.s.n.m

$Z_2$ : Elevación del punto dos (almacenamiento) en m.s.n.m

$hf$ : Pérdida de carga total en el tramo en m

En la figura 2 se esquematiza el perfil longitudinal junto con las variables antes abordadas, entre ellas la carga estática (línea amarilla punteada) la cual disminuye a medida que las pérdidas (línea roja) aumentan y a su vez hace que la carga por presión (línea verde) disminuya.

**Figura 2.** Perfil longitudinal de la línea de conducción



### 3.3.2.4 Paso 4

En este paso se verificará la incidencia del golpe de ariete en la sobre presión que causa en la tubería, debido al cierre brusco en la válvula de control de acceso al tanque.

✓ *Aplicando la ecuación de celeridad mediante fórmula de Allievi:*

**Ecuación 12.** Celeridad

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K \left(\frac{D}{e}\right)}}$$

**Donde:**

K: Relación entre el módulo de elasticidad del agua y de la tubería

D: Diámetro interior de la tubería en m

e: Espesor de la pared de la tubería en m

✓ *Aplicando la ecuación del periodo de la tubería en el punto de la válvula:*

**Ecuación 13.** Periodo de la tubería

$$T = \frac{2L}{C}$$

**Donde:**

L: Longitud entre la captación y el punto de la válvula en m

C: Celeridad m/s

✓ *Aplicando la ecuación siguiente se calculará la sobrepresión en la tubería:*

**Ecuación 14.** Sobre presión en la tubería

$$h_a = \frac{C \cdot V}{g}$$

**Donde:**

C: Celeridad m/s

V: Velocidad media en la tubería m/s

g: Aceleración de la gravedad m/s<sup>2</sup>

✓ *Presión total en la tubería:*

**Ecuación 15.** Presión total en la tubería

$$P_{\text{total}} = h_a + \frac{P_2}{\gamma}$$

**Donde:**

$\frac{P_2}{\gamma}$ : Presión final del tramo en m

### **3.3.3 Almacenamiento**

El tanque de almacenamiento será diseñado basado a los parámetros siguientes recomendados por la NTON 09 001-99 en el inciso 8.2:

- a) *Volumen compensador*: El volumen necesario para compensar las variaciones horarias del consumo, se estimará en 15% del consumo promedio diario.
- b) *Volumen de reserva*: El volumen de reserva para atender eventualidades en caso de emergencia, reparaciones en línea de conducción u obra de captación, se estimará igual a 20% del CPD.

La capacidad total del tanque se estimará en un 35% del consumo promedio diario.

### **3.3.4 Desinfección**

El agua que se utiliza para el abastecimiento de una población, para usos básicamente domésticos, debe ser, específicamente agua exenta de organismos patógenos que evite brotes epidémicos de enfermedades de origen hídrico. Para lograr esto, será necesario desinfectar el agua mediante tratamientos físicos o químicos que garanticen su buena calidad.

En el caso de acueductos rurales se utiliza para la desinfección el cloro en forma de hipocloritos, debido a su facilidad de manejo y aplicación. Se deberá tener el debido cuidado para el transporte, manipulación del equipo requerido, disponibilidad suficiente y seguridad en cuanto al almacenamiento. El tiempo de almacenamiento para el hipoclorito de sodio no debe ser mayor de un mes y para el de calcio no mayor de tres meses.

Es por ello que, para la desinfección se propondrá un hipoclorador de carga constante utilizando hipoclorito de sodio. El gasto de hipoclorito, así como el caudal del hipoclorador se calcularán bajo las ecuaciones propuestas en López Cualla (2003):

**Ecuación 16.** Gasto de hipoclorito de sodio

$$G \text{ NaClO} = \frac{Q * B}{\% \text{ C de cloro comercial}}$$

**Donde:**

G NaClO: Gasto de hipoclorito L/día

B: Dotación de cloro igual a 0.6 mg/L

Q: Consumo máximo horario para cada año comprendido entre el periodo de diseño (CMH) en L/s según NTON 09 001-99

Con los datos obtenidos para un volumen dosificador (ml/min) cualquiera, se podrá calcular el volumen de almacenamiento para un día, mes o año. Como máximo se calculará para un mes, pero se deben preparar cada semana para evitar que el cloro pierda su capacidad desinfectante (se vence).

**Ecuación 17.** Caudal del hipoclorador

$$QH = \frac{B * Q}{\% \text{ solución del hipoclorador}}$$

**Donde:**

QH: Caudal del hipoclorador ml/s

B: Dotación de cloro igual a 0.6 mg/L

Q: Consumo máximo horario para cada año comprendido entre el periodo de diseño (CMH) en L/s

**3.3.5 Red de distribución**

De acuerdo a la norma NTON 09 001-99 en el inciso 7.3 establece:

La red de distribución es el sistema de conductos cerrados, que permite distribuir el agua bajo presión a los diversos puntos de consumo, que pueden ser condiciones domiciliarias o puestos públicos; para su diseño deberá considerarse los aspectos siguientes:

- a) Se deberá diseñar para la condición del consumo de hora máxima al final del periodo de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 2.5 al consumo promedio diario (CHM = 2.5CPD, más las pérdidas).
- b) El sistema de distribución puede ser de red abierta, de malla cerrada o una combinación de ambos.

Para el análisis de la red se deberá considerar el caso de red abierta (Ramificada) y de malla cerrada. Se realizará el análisis con la siguiente fórmula:

**Ecuación 18.** Pérdidas por fricción

$$H = \left[ \frac{S_e Q_e - S_f Q_f}{2.85 (Q_e - Q_f)} \right] L$$

**Donde:**

H: Pérdidas por fricción en metros

Q<sub>e</sub>: Caudal entrante en el tramo en (gpm)

Q<sub>f</sub>: Caudal de salida al final del tramo (gpm)

S<sub>e</sub>: Pérdidas en el tramo correspondiente Q<sub>e</sub> en decimales

S<sub>f</sub>: Pérdidas en el tramo correspondiente Q<sub>f</sub> en decimales

L: Longitud del tramo en metros

### 3.3.5.1 Determinación de caudales nodales

Los caudales nodales para el análisis del modelo hidráulico de la red de distribución serán calculados a través del método de la longitud unitaria. Se calculará el caudal unitario para determinar el caudal en cada tramo y posteriormente se realizará la distribución de caudales concentrados en cada nodo.

**Ecuación 19.** Caudal unitario

$$q_u = \frac{CMH}{L_t}$$

**Donde:**

$q_u$ : Caudal unitario por metro lineal de tubería en L/s

CMH: Caudal máximo horario en L/s.

$L_t$ : Longitud total de la red en m

La distribución de caudales se realizará a través del método tributario, aplicando la ecuación 20:

**Ecuación 20. Caudal nodal**

$$Q_i = q_u * L_i$$

**Donde:**

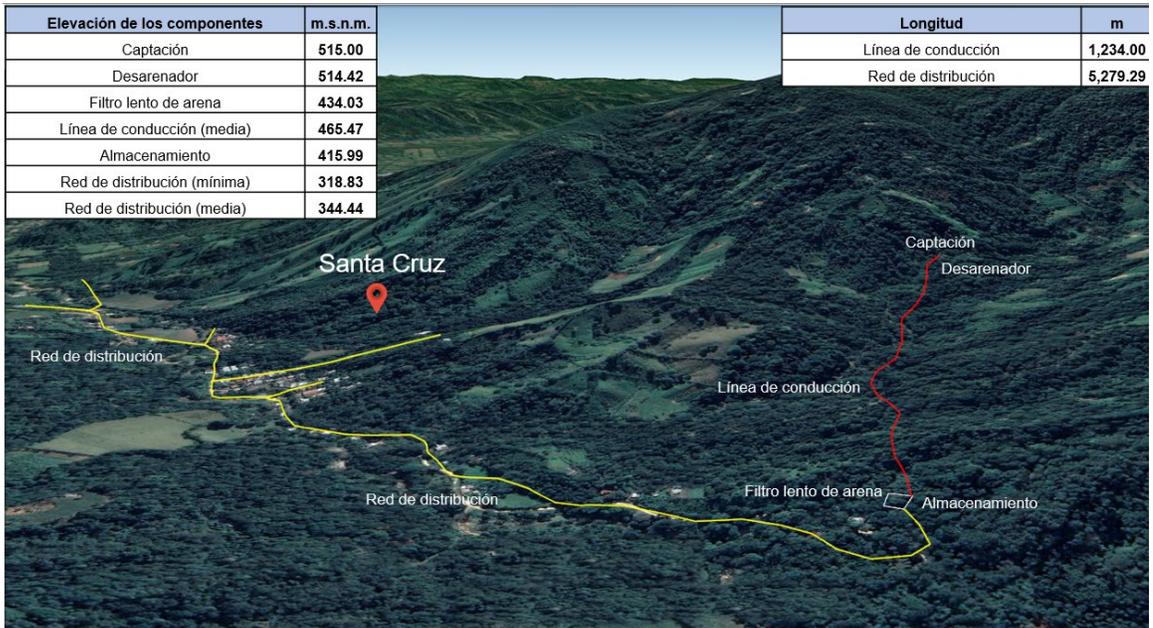
$Q_i$ : Caudal nodal en L/s

$q_u$ : Caudal unitario por metro lineal de tubería en L/s

$L_i$ : Longitud tributaria del tramo en m

**3.4 Cuarta etapa**

**Figura 3. Esquema de sistema de abastecimiento**



### **3.4.1 Análisis hidráulico de la red de distribución**

La simulación del sistema se realizará con el software EPANET, considerando tres condiciones de trabajo:

- *Tanque lleno y CMH*

Para simular una condición de trabajo exigente, pero con el tanque funcionando a capacidad.

- *Tanque a 1/3 de capacidad y CMH*

Para simular una condición de trabajo con un bajo nivel de agua en el depósito, situación en la cual las presiones decaen.

- *Tanque lleno y consumo cero*

Simula un sistema sin demanda (horas de la madrugada), cuando se presentan las mayores presiones.

### **3.4.1 Análisis hidráulico del cloro residual**

La simulación del comportamiento del cloro residual en la red de distribución se ejecutará mediante la herramienta EPANET, tomando en cuenta los valores recomendados por la NTON 09 003-99 en el inciso 10.8 que oscilan entre 0.5 y 0.2 mg/L.



# Capítulo IV. Cálculo y resultados

---



## **CAPÍTULO IV.- CÁLCULOS Y RESULTADOS**

El proceso de cálculos y presentación de resultados tiene la misma secuencia de etapas presentada en el capítulo anterior.

### **4.1 Primera etapa**

Los datos que se presenta en esta sección proceden de información facilitada por la Alcaldía Municipal de Jalapa e investigaciones de campo realizadas por el equipo de trabajo a fin de determinar las condiciones socioeconómicas que prevalecen dentro de la comunidad.

#### **4.1.1 Localización**

##### **4.1.1.1 Macro localización**

El departamento de Nueva Segovia, está localizado al norte de la zona central del país, cuyos límites son los siguientes:

- ✓ Norte: República de Honduras
- ✓ Sur: Departamento de Madriz
- ✓ Este: Departamento de Jinotega
- ✓ Oeste: República de Honduras

Tiene una extensión territorial de 3,941.28 km<sup>2</sup>, su proyección poblacional según datos del Instituto Nacional de Información de Desarrollo (2005), para el año 2015 es de 249,376 habitantes conformada por los municipios de: Jalapa, Murra, El Jícaro, Quilalí, Wiwilí de Nueva Segovia, Dipilto, San Fernando, Ciudad Antigua, Santa María, Macuelizo, Mozonte y Ocotal.

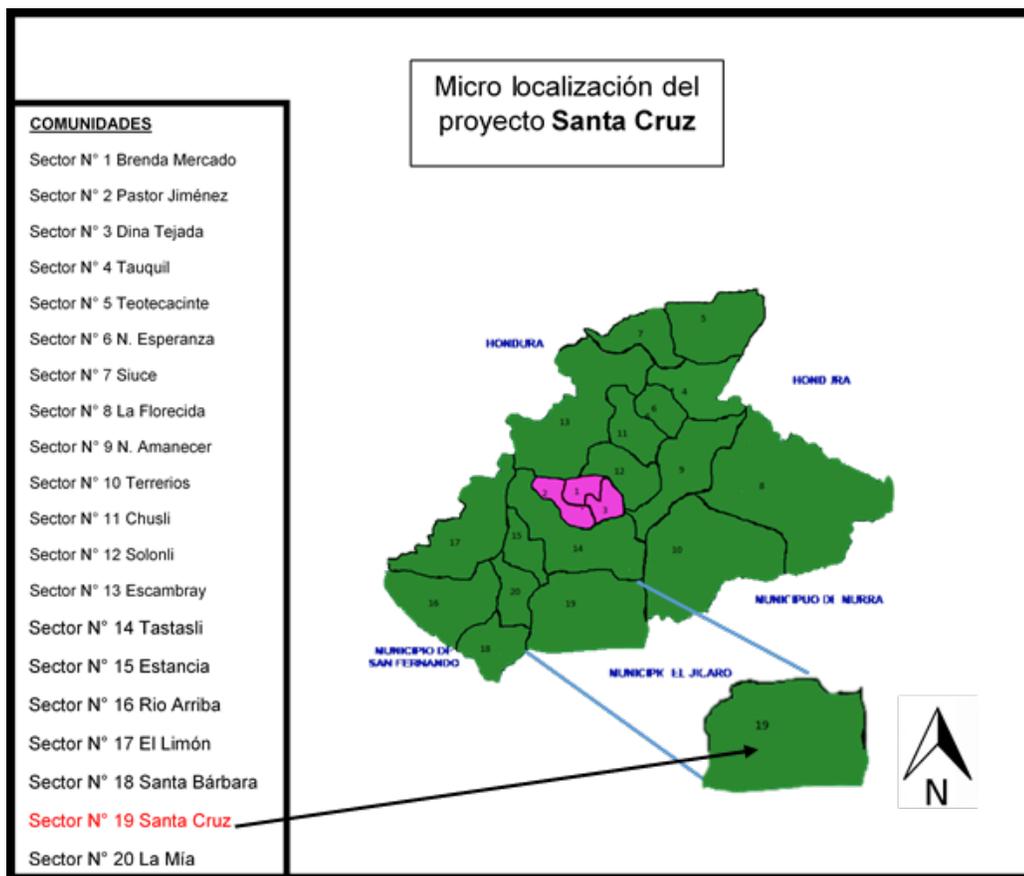
Jalapa se encuentra ubicado aproximadamente a una distancia de 300 kilómetros de la ciudad de Managua, la cual es capital de Nicaragua. Se localiza entre las coordenadas 13° 55' latitud norte y 86° 07' longitud oeste (Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal, 2003).



- ✓ Al norte con Tastaslí
- ✓ Al sur con el municipio de El Júcaro
- ✓ Al este con Terrerios
- ✓ Al oeste con Estancia, La Mia y Santa Barbara

En la figura 5 se presenta la micro localización de la comunidad Santa Cruz, que se encuentra ubicada en el sector 19.

**Figura 5.** Micro localización de la comunidad



Fuente: Adaptado de INIFOM (2003).

#### 4.1.2 Jurisdicción política

La comunidad de Santa Cruz pertenece políticamente al municipio Jalapa, departamento de Nueva Segovia. Los comunitarios asisten al centro de salud que se encuentra situado en la misma comunidad. Por otra parte, para realizar las

compras mayoritarias, trámites legales (terreno, ganado, asentamiento de recién nacidos); acuden al casco urbano de Jalapa (Jalapa en cifras, 2008).

#### 4.1.3 Vías de comunicación

Según las visitas realizadas a la comunidad, la principal vía de comunicación está dada por aproximadamente 10 km de camino todo tiempo desde el casco urbano del municipio Jalapa. Los habitantes de esta comunidad se transportan a caballo, bicicletas, a pie, en algunos vehículos y una ruta de transporte rural.

En la actualidad el camino se encuentra en buen estado. Debido a esto la población no tiene problema para movilizarse hasta la cabecera municipal.

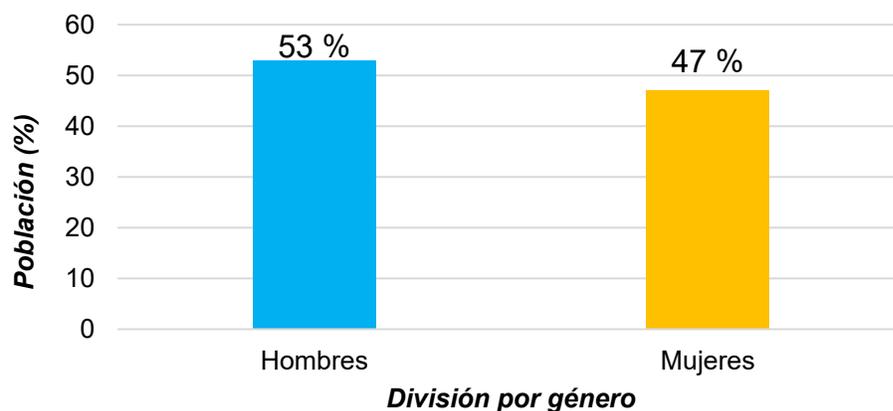
#### 4.1.4 Población

De acuerdo a las encuestas socioeconómicas se cuantificaron en la comunidad un total de 487 habitantes distribuidos en 68 viviendas obteniéndose un índice habitacional 7.16.

##### 4.1.4.1 Distribución de población por edad y género

Se presenta en la figura 6 la distribución de géneros que fue bastante equitativa, correspondiendo a un 53% de habitantes del sexo masculino y 47% del sexo femenino. Además, durante las visitas de campo se pudo constatar que la población predominante eran adultos y jóvenes.

**Figura 6.** Distribución de población por género

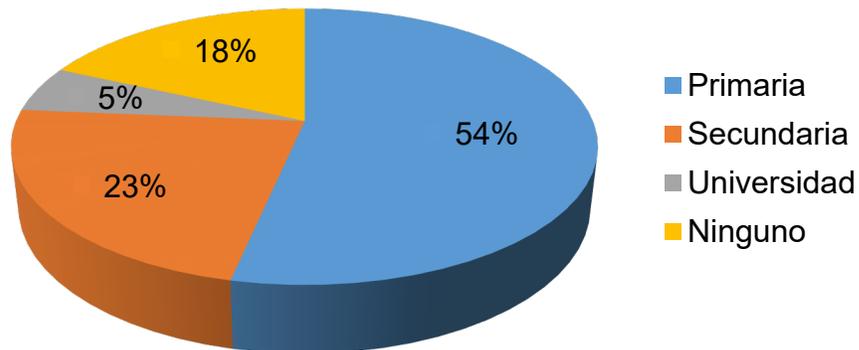


#### 4.1.5 Educación

De acuerdo a la encuesta socioeconómica realizada, la comunidad de Santa Cruz solo cuenta con una escuela pública, destinada a brindar educación de primaria. Por lo que al terminar este nivel escolar las personas se ven obligadas a continuar su formación académica en el instituto público de la comunidad La Mia.

La población perteneciente a la comunidad de Santa Cruz, se encuentra en la siguiente situación con base en el nivel de escolaridad, ver figura 7:

**Figura 7.** Nivel de escolaridad de los habitantes, comunidad Santa Cruz



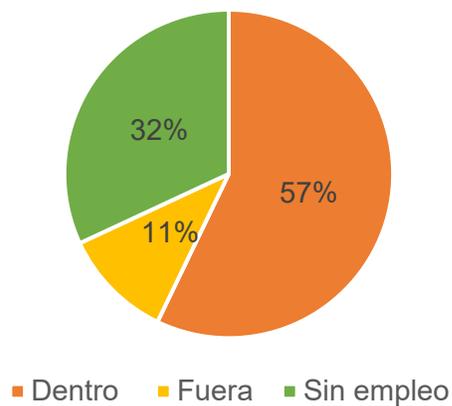
En la figura 7 se puede observar que el nivel de escolaridad predominante en la población de Santa Cruz es la educación primaria representado por un 54%, seguido por un 23% de personas con una educación secundaria aprobada, además, existe un índice alto de personas que no poseen un nivel académico, respaldado por un 18% de incidencia y, por último, las personas que realizaron estudios universitarios representan un 5% de la población encuestada.

Estos porcentajes son el resultado de que en la comunidad solo se tenga acceso a la formación primaria, ya que para continuar sus estudios de educación secundaria los niños deben trasladarse hasta la comunidad La Mía situada aproximadamente a cuatro kilómetros de la comunidad de Santa Cruz.

#### 4.1.6 Situación económica de la población

La cantidad de personas contabilizadas en la comunidad de Santa Cruz es de 487, de los cuales 278 trabajan dentro de la comunidad, 54 realizan sus labores fuera de ella y el resto corresponde a personas sin un empleo o en proceso de formación académica. La figura 8 representa en porcentajes la cantidad de personas que laboran dentro y fuera de la comunidad, así como las personas que no poseen empleo.

**Figura 8.** Personas que trabajan dentro de la comunidad



##### 4.1.6.1 Ingreso económico

El ingreso económico por cada hogar de toda la comunidad, está representado de la siguiente manera:

**Tabla 18.** Ingreso económico mensual

1000 - 5000	5000 - 6000	6000 - 10000	+10000
47.37 %	34.21 %	15.79 %	2.63 %

De acuerdo a la tabla 18, el ingreso económico mensual que más predomina en esta población se encuentra en el rango de 1,000 a 5,000 córdobas mensuales ya que la principal actividad económica que desempeñan los pobladores es la

agricultura (en tierras propias o como jornaleros), esto coincide con el salario mínimo de Nicaragua en el sector agropecuario que es C\$ 4,414.91.

#### 4.1.7 Recurso y servicio de agua

Según la encuesta socioeconómica, la mayor parte de la población de esta comunidad se abastece de agua por medio de mangueras desde una quebrada y otras acarreándola desde la misma, teniendo que tomar agua que puede presentar agentes patógenos, materia orgánica y sedimentos, al no contar con un sistema de abastecimiento de agua potable.

**Tabla 19.** Tipo de abastecimiento de agua

Pozo privado	Quebrada	Manguera
1	20	47

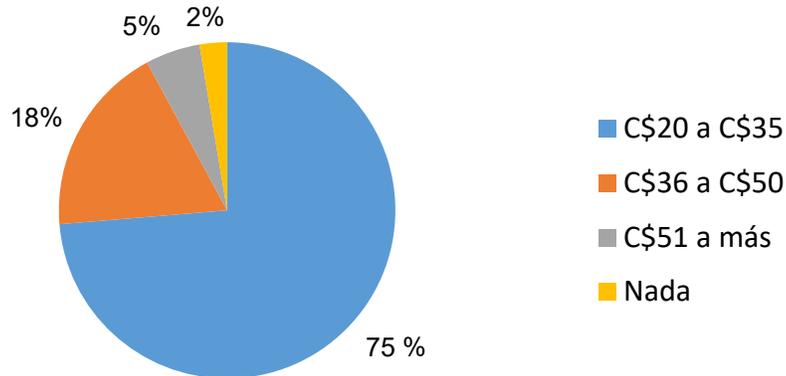
#### 4.1.8 Programa de saneamiento rural

Las personas encuestadas tienen poca o nula información sobre el programa de saneamiento rural del FISE. A pesar de que la población desconoce las metodologías empleadas para agua y saneamiento, así como, entidades encargadas a la formulación y ejecución de sistemas de agua potable; están de acuerdo en mejorar su forma de abastecimiento a través de la ejecución de un sistema de agua potable, además de asumir los gastos relacionados a este servicio.

**Tabla 20.** Interés en el sistema de abastecimiento

¿Le gustaría tener el servicio de agua potable en su hogar?	
SI	NO
68	0

**Figura 9.** ¿Cuánto pagaría por el servicio?



De acuerdo a la figura 9 se muestra que el 75% de la población está dispuesta a pagar entre C\$20 y C\$35 que sería la menor tarifa domiciliar. Por otra parte, el 18% estaría dispuesta a pagar entre C\$36 y C\$ 50 córdobas y el 5% más de C\$50.

#### 4.1.9 Situación habitacional

Se presenta en la tabla 21 la tenencia de la propiedad de la comunidad; en esta existen 68 viviendas habitadas, una iglesia construidas por los habitantes, así como, una escuela de primaria y una estación de policía.

**Tabla 21.** Tenencia de propiedad

Propia	Prestada	Alquilada
97.37 %	2.63 %	0.00 %

En la tabla 22 se presentan los resultados obtenidos sobre el confinamiento de ambientes usados en las viviendas de la comunidad.

**Tabla 22.** Confinamiento de ambientes

Bloques	Ladrillos	Madera	Adobe	Ripios	Otros
0 %	0 %	0 %	97.37 %	0 %	2.67 %

Según las encuestas el 97.37% de las viviendas están construidas de adobe, que es el sistema constructivo tradicional de esta región del país.

En efecto, de acuerdo con el mapa de pobreza de Nicaragua, la zona de Jalapa cuenta un índice bajo de recursos económicos por lo que la mayoría de casas rurales no utilizan acabados arquitectónicos de altos costos. Esto incide en los materiales usados para acabados de piso como se observa en la tabla 23, predominando los pisos de tierra (84.21%) y un 13.16% usan otro material.

**Tabla 23.** Tipo de pisos

Madera	Tierra	Grava	Cerámica	Otros
0 %	84.21 %	2.63 %	0 %	13.16 %

#### 4.1.10 Salud

De acuerdo a las visitas de campo se constató que en la comunidad no existe aún un puesto de salud, por lo que los habitantes deben trasladarse al puesto más cercano ubicado en la comunidad La Mía. Debido a esto, y de acuerdo a los encuestados existe una prevalencia de enfermedades como la diarrea, tos, resfriados, malaria y dengue; siendo los más afectados niños y adultos mayores, como se muestra a continuación en la tabla 24:

**Tabla 24.** Situación de salud en la vivienda

Enfermedades	Grupos de edad				Observaciones
	-5	6 -15	16-25	+26	
Diarrea	4			1	La enfermedad que más predomina son los resfriados principalmente en los niños y personas adultas debido a los cambios de temperatura en el lugar.
Tos	3	1		1	
Resfriados	3	3		5	
Malaria				1	
Dengue	2				

#### 4.1.11 Energía eléctrica

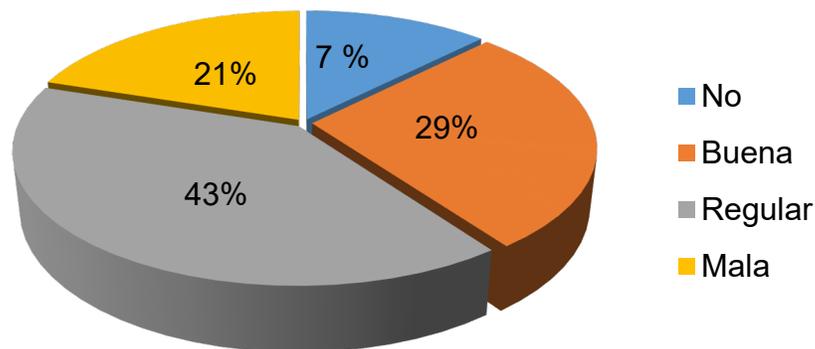
Según DISSNORTE la zona en la que se encuentra la comunidad en estudio cuenta con servicio de energía eléctrica, esto se constató cuando se visitó la comunidad.

#### 4.1.12 Aspectos ambientales

De acuerdo a las visitas a la comunidad y las encuestas que se realizaron, se observó que generalmente se hace mal uso del agua con la que cuentan, ya que, no toman en consideración el manejo y protección de las posibles fuentes que existen en la zona, deteriorando poco a poco este recurso indispensable.

Al no existir alcantarillado sanitario lo más usual en la comunidad es el uso de letrinas como herramientas de saneamiento básico, el estado se puede apreciar a continuación en la figura 10:

**Figura 10.** Estado de las letrinas



Según el FISE, considera en estado regular una, cuando hay deterioro en su fachada (taza sanitaria y garita) y en mal estado si se observan asentamientos cercanos a la letrinas y huecos en el piso.

Tomando en cuenta lo anterior se encuestó un universo de 68 viviendas, una escuela, una iglesia y una estación de policía, se contabilizó un total de 65 letrinas de tipo tradicional simple sanitaria (letrina de foso estándar sencilla sin revestimiento), se observó que el 7.35% de las viviendas no cuentan con letrina sanitaria. De las letrinas aforadas el 43% están en estado regular, 29% en buen estado y 21% en mal estado.

## 4.2 Segunda etapa

### 4.2.1 Proyección de población y consumos

#### 4.2.1.1 Tasa de crecimiento

Se recopiló información del censo nacional realizado por el INIDE en el año 1995 (no se encontró información sobre la comunidad en estudio) y en el censo realizado en el año 2005, en este último la población censada para la comunidad de Santa Cruz era de 1,571 personas, incluyendo a la comunidad de San Francisco y Casas Rojas. Con este dato no es posible obtener una tasa de crecimiento anual ya que se toman en cuenta sectores no pertenecientes a la comunidad en estudio.

Para obtener dicha tasa se tomaron en cuenta datos más actualizados obtenidos del Ministerio de Salud (MINSa), la alcaldía de Jalapa y el resultado obtenido de la encuesta socioeconómica. Se puede observar en la tabla 25 los datos obtenidos:

**Tabla 25.** Información de censos

Zona	INIDE		MINSa	Alcaldía	Actual
	1995	2005	2010	2020	2021
<b>Nicaragua</b>	4,357,099	5,142,098	-	-	-
<b>Nueva Segovia</b>	148,492	208,523	-	-	-
<b>Jalapa</b>	41,756	54,491	-	-	-
<b>Santa Cruz</b>	-	1,571	371	476	487

La tasa de crecimiento se calculó aplicando la ecuación 2 recomendado por la NTON 09 001-99; primero utilizando la población entre el periodo de 2010 – 2020 se obtuvo la siguiente tasa de crecimiento:

$$r = \left( \frac{476}{381} \right)^{1/10} - 1$$

$$r = 0.02251 * 100 = 2.25 \%$$

En contraste con los datos obtenidos entre 2020 y 2021 donde la tasa de crecimiento fue la siguiente:

$$r = \left( \frac{487}{476} \right)^{1/1} - 1$$

$$r = 0.0231 * 100 = 2.31 \%$$

Debido a que las tasas de crecimientos calculadas están por debajo de lo que recomienda la norma de abastecimiento en su acápite II, inciso 2.2 (2.5% - 4%), se adoptó (para efectos de diseño) una tasa de crecimiento igual al 2.5%, siendo este el valor mínimo recomendado, para así evitar generar un sobre diseño de los elementos del sistema.

#### 4.2.1.2 Población, dotación y variaciones de consumo

Como ejemplificación se estableció el cálculo de la proyección de población, así como, las dotaciones y variaciones de consumo para el periodo 2022, el consolidado del resto de años de diseño se pueden observar en la tabla 27; los consumos existentes en la comunidad y algunos datos básicos de diseño se aprecian en la tabla 26:

**Tabla 26.** Datos básicos de diseño

<b>Datos demográficos de la comunidad</b>	
Número de habitantes	487 hab
Número de hogares	68
Escuela	1
Iglesia	4
Índice habitacional	7.16 hab/viv

Consumo doméstico:

$$C \text{ Dom} = \frac{60 \text{ Lppd} * 499 \text{ Hab}}{86,400} = 0.3465 \text{ L/s}$$

Consumo público o institucional:

$$CPD \text{ Público o Inst.} = 0.3465 \text{ L/s} * 0.07 = 0.024 \text{ L/s}$$

Consumo promedio diario:

$$CPD = 0.3465 \text{ L/s} + 0.024 \text{ L/s} = 0.371 \text{ L/s}$$

Pérdidas del 20%:

$$\text{Pérdidas} = 0.37 \text{ L/s} * 20\% = 0.074 \text{ L/s}$$

Consumo promedio diario total:

$$CPDT = 0.37 \text{ L/s} + 0.074 \text{ L/s} = 0.445 \text{ L/s}$$

Consumo máximo diario:

$$CMD = (1.5 * 0.371 \text{ L/s}) + 0.074 \text{ L/s} = 0.631 \text{ L/s}$$

Consumo máximo horario:

$$CMH = (2.5 * 0.371 \text{ L/s}) + 0.074 \text{ L/s} = 1.001 \text{ L/s}$$

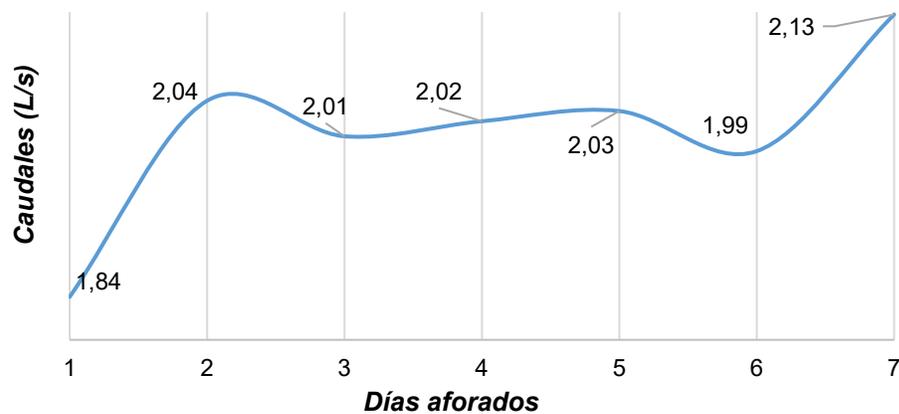
**Tabla 27.** Tabla de proyección de población y consumos

N°	Año	Población	Dotación (lppd)	C Dom (L/s)	C Público o Inst (L/s)	CPD (L/s)	Pérdidas 20% (L/s)	CPDT (L/s)	CMD (L/s)	CMH (L/s)
-	2021	487								
1	2022	499	60	0.347	0.024	0.371	0.074	0.445	0.631	1.001
2	2023	512	60	0.355	0.025	0.380	0.076	0.456	0.646	1.027
3	2024	524	60	0.364	0.025	0.390	0.078	0.468	0.662	1.052
4	2025	538	60	0.373	0.026	0.399	0.080	0.479	0.679	1.078
5	2026	551	60	0.383	0.027	0.409	0.082	0.491	0.696	1.105
6	2027	565	60	0.392	0.027	0.420	0.084	0.504	0.713	1.133
7	2028	579	60	0.402	0.028	0.430	0.086	0.516	0.731	1.161
8	2029	593	60	0.412	0.029	0.441	0.088	0.529	0.750	1.190
9	2030	608	60	0.422	0.030	0.452	0.090	0.542	0.768	1.220
10	2031	623	60	0.433	0.030	0.463	0.093	0.556	0.787	1.251
11	2032	639	60	0.444	0.031	0.475	0.095	0.570	0.807	1.282
12	2033	655	60	0.455	0.032	0.487	0.097	0.584	0.827	1.314
13	2034	671	60	0.466	0.033	0.499	0.100	0.599	0.848	1.347
14	2035	688	60	0.478	0.033	0.511	0.102	0.614	0.869	1.381
15	2036	705	60	0.490	0.034	0.524	0.105	0.629	0.891	1.415
16	2037	723	60	0.502	0.035	0.537	0.107	0.645	0.913	1.450
17	2038	741	60	0.515	0.036	0.551	0.110	0.661	0.936	1.487
18	2049	760	60	0.527	0.037	0.564	0.113	0.677	0.959	1.524
19	2040	779	60	0.541	0.038	0.579	0.116	0.694	0.983	1.562
20	2041	798	60	0.554	0.039	0.593	0.119	0.712	1.008	1.601

### 4.2.2 Aforo de la fuente

El método de aforo volumétrico se realizó en el mes de noviembre los días del 22 al 28 del año 2021. Ubicados en la cota 515 m.s.n.m. de la fuente, se procedió a determinar el caudal, haciendo uso de una cubeta de 20 L como recipiente y un cronómetro para medir el tiempo de llenado. El proceso se realizó siete días consecutivos, repitiendo cuatro veces por días, con el fin de calcular un promedio diario y luego un promedio de los siete días, el cual, es el caudal aforado de la fuente. A continuación, la figura 11 muestra la fluctuación de caudales en los siete días:

**Figura 11.** Aforo de la fuente



En la figura anterior se observa que después del primer día comenzó a aumentar el caudal, esto es debido a que las precipitaciones en esa zona montañosa aumentaron.

Por otra parte, para calcular cada uno de los caudales se utilizó la ecuación 3, a como se ejemplifica a continuación:

Promedio de tiempo diario: 10.9 s

Volumen de la cubeta: 20 L

Aplicando la ecuación de determinación de caudal por el método volumétrico, se obtiene:

$$Q = \frac{20 \text{ L}}{10.9\text{s}} = 1.832\text{L/s}$$

A como se expuso anteriormente, el caudal de la fuente es el promedio de los siete días, entonces se determinó el caudal de la fuente con un valor de 2.01 L/s.

#### **4.2.3 Balance de agua**

$$2.01 \text{ L/s} > 1.008 \text{ L/s}$$

La fuente actualmente tiene un caudal superior al consumo máximo diario demandado por los pobladores en el año 20 del proyecto y a su vez garantiza mantener un caudal ecológico.

#### **4.2.4 Análisis de calidad de agua**

Conforme a los resultados obtenidos del análisis del agua, de acuerdo a los parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos y de metales pesados, todos los valores de concentración están dentro de los valores permisibles según las normas NTON 05 007-98, CAPRE y la Organización mundial de la salud (OMS), como se muestran en las tablas siguientes.

Tomando en consideración las concentraciones de calidad de agua cruda, estas sirvieron de criterio para la selección de la tecnología de tratamiento.

Se presenta a continuación la tabla 28 las concentraciones de agua cruda con respecto a los valores permisibles de la NTON 05 007-98, así como, los valores máximos permisibles de la CAPRE.

**Tabla 28.** Parámetros de agua cruda, fisicoquímicos

Parámetros	Unidad	Resultados	Valor máximo permisible NTON 05 007-98		Valor máximo permisible Norma CAPRE
			Agua tipo 1A	Agua tipo 1B	
UNT	UNT	5	<5	<250	5
pH	pH	7.95	6 - 8.65**	6 - 8.65**	6.73 - 8.5**
CE	μS/cm	229.20	NE	NE	400**
STD	mg/L	143.46	NE	NE	1000
CV	mg/L (Pt-Co)	15	<15	<150	15
Ca	mg/L	26.40	NE	NE	100**
Mg	mg/L	9.64	NE	NE	50
So	mg/L	9.82	200	200	200
K	mg/L	1.80	NE	NE	10
AlCl <sub>3</sub>	mg/L	4.35	250	600	250
NO <sub>3</sub>	mg/L	<ID	-	-	50
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/L	1.16	250	400	250
CaCO <sub>3</sub>	mg/L CaCO <sub>3</sub>	<ID	NE	NE	NE
NaHCO <sub>3</sub>	mg/L CaCO <sub>3</sub>	135.46	-	-	NE
CaCO <sub>3</sub> T	mg/L CaCO <sub>3</sub>	105.50	NE	400	400**
AT	mg/L CaCO <sub>3</sub>	111	NE	NE	NE
AF	mg/L	<ID	-	-	NE
NO <sub>2</sub>	mg/L	0.009	-	-	1
Fe T	mg/L	1.26	0.3	3	0.3
F	mg/L	<ID	0.7 - 1.5	<1.7	0.7 - 1.5

En la tabla anterior, se observa que los parámetros fisicoquímicos cumplen con los valores señalados en la norma NTON 05 007-98 y CAPRE 2000, por otra parte, se conoce que el agua de la comunidad de Santa Cruz es de tipo 1B, ya que los valores de turbidez y hierro total sobrepasan los valores de agua tipo 1A.

La temperatura se tomó directamente de la fuente mediante un termómetro de mercurio, generando como resultado una temperatura de 23°C, comparando este parámetro con el valor recomendado por la norma CAPRE de entre 18° C y 30° C en su anexo 1 tabla 3 sobre calidad de agua, se determina que es una temperatura aceptable.

**Tabla 29.** Parámetros de agua cruda, bacteriológicos

Parámetros	Unidad	Resultados	Valor máximo permisible NTON 05 007-98		Valor máximo permisible Norma CAPRE
			Agua tipo 1A	Agua tipo 1B	
Colif Total	NMP/100mL	$2.20 \cdot 10^3$	$\bar{X} \leq 2000$	$\bar{X} \leq 10000$	NEG
E-coli	NMP/100mL	$1.10 \cdot 10^2$	NEG	NEG	NEG

La concentración de los parámetros bacteriológicos es relativamente baja, ya que no sobrepasa el límite máximo permisible de la norma NTON 05 007-98.

La presencia de coliformes totales y E-coli en los parámetros de agua cruda es positiva, lo que significa que no cumple con la norma CAPRE 2000.

Los coliformes totales se tratarán mediante desinfección con cloración, por lo que se aplicará hipoclorito de sodio directamente por goteo, por consiguiente, la solución a este problema será utilizar un hipoclorador de carga constante que se instalará sobre el tanque de almacenamiento.

**Tabla 30.** Parámetros de agua cruda, metales pesados

Parámetros	Unidad	Resultados	Valor máximo permisible NTON 05 007-98		Valor máximo permisible Norma CAPRE	OMS
			Agua tipo 1	Agua tipo 2		
As T	µg/L	<ID	-	50	10	10

Los metales pesados son un grupo de elementos químicos que presentan alta densidad y que en altas concentraciones son tóxicos y bioacumulativos, ya que se acumulan en el organismo y no se eliminan ni por heces, ni por sudoración ni por orina (OPS, 2005).

En los resultados que muestra la tabla anterior, se observa que la concentración de As T está bajo los límites de detección, lo que significa que sus valores son despreciables

Los resultados de los análisis de agua realizados en el laboratorio de UNAN Managua, se pueden ver a detalle en anexos, apéndice C.

#### **4.2.5 Sistema de tratamiento**

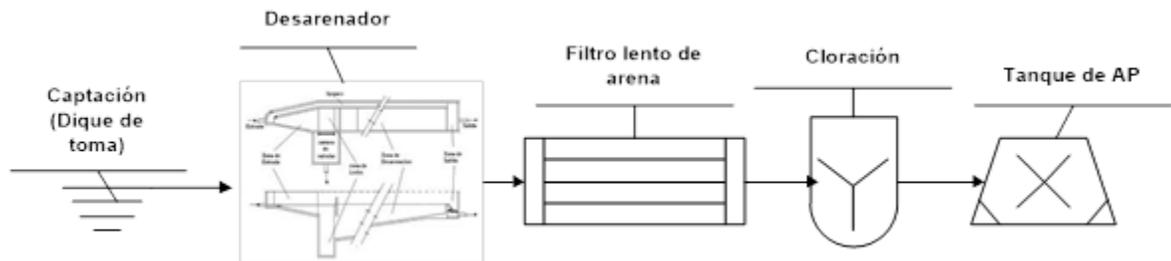
Con base en, los parámetros de agua cruda que se realizaron en la fuente de la comunidad de Santa Cruz, se realizó la selección de tecnología de tratamiento.

De acuerdo al acápite 5.3.2 en la fuente no hay contaminación antropogénica, por lo tanto, no se necesitará de procesos directamente químicos para la planta de tratamiento.

La planta de tratamiento principalmente tiene como finalidad bajar las unidades nefelométricas de turbiedad y eliminar la concentración de coliformes totales y *Escherichia coli*, por lo que será un sistema de tratamiento de filtración lenta de arena (FLA).

A continuación, se muestra el modelo de la planta de tratamiento:

**Figura 12.** Arreglo de la planta de tratamiento de agua potable



De igual manera, el agua para los pobladores estará apta para consumo humano, ya que con este sistema de tratamiento se disminuirán las unidades de turbiedad y se eliminarán los coliformes totales en el agua.

#### 4.2.5.1 Dique de toma central

La obra de captación estará ubicada en la propiedad del señor Rufino Galeano, en el estacionamiento 0+000 con una elevación de 515 m.s.n.m. Se construirá un muro de contención de concreto ciclópeo de forma perpendicular al sentido del flujo. Dado que el caudal de diseño es muy pequeño correspondiendo a 0.00101 m<sup>3</sup>/s, el cálculo en el diseño no cumple algunos parámetros de diseño, siendo así se propondrán medidas constructivas de acuerdo al ancho de la fuente y el caudal que esta presenta.

El muro tendrá una longitud de 4 m, altura de 0.79 m efectiva, 0.51 m de ancho en su corona y 0.70 m en la base de la misma, con sus respectivos vertederos de control y de crecida. Tendrá dos aletones de 1.2 m de longitud por 0.50 m de ancho. Su finalidad es represar el agua de la fuente de Santa Cruz.

En la captación del agua se dispondrá de una reja de 0.8 m de largo y 0.40 m de ancho.

La parte superior o corona será construido de tal forma que toda la corriente de agua pase por el centro del muro, con el objetivo de evitar desbordamiento lateral y erosión, así mismo permitirá aumentar la velocidad del flujo y evitar la sedimentación en la caja de recolección de agua.

**Tabla 31.** Parámetros de diseño del dique de toma central

Variable	Simb.	Fórmula	Valor	ud	Criterio
Periodo de diseño	Año	-	20	Año	-
Caudal de diseño por dotación	CMD	-	0,00101	m <sup>3</sup> /s	-
Caudal aforado	Q <sub>A</sub>	-	0,0020	m <sup>3</sup> /s	-
Velocidad a través de la reja	V <sub>a</sub>	0.6-1	0,60	m/s	$0.6 \leq V_a \leq 1$
Coef. de colmatación	c	1.5-2	2,00	m/s	$0.5 \leq c \leq 2$
Abertura entre las barras	a	-	0,05	m	-
Espesor de las barras	t	1/2	0,0125	m	-
Aceleración gravitacional	g	-	9,810	m/s	-
Factor de forma de las barras	k	Circular	0,900	ud	-
Angulo de barras con la horizontal	q	-	70,00	grados	$70^\circ \leq q \leq 80^\circ$
Porcentaje de obstrucción de la reja	O	-	0,50	%	-
Altura del agua en el canal de entrada	y <sub>1</sub>	-	0,10	m	-
Longitud del vertedero	L	-	1,00	m	-
Tasa de aplicación	r	-	0,0003	m <sup>3</sup> /s	-
Pendiente del fondo del canal	i	-	0,03	m/m	-

**Tabla 32.** Cálculo de rejilla y canal de aprobación

Variable	Simb.	Fórmula	Valor	Val. Pro	ud	Criterio
Altura del vertedero de rebose (Lam. agua)	$h_1$	$(CMD / 1.84 * L)^{2/3}$	0,01	0,30	m	$0.1 \leq h_2 \leq .3$
Altura del vertedero de crecida (Lam. agua)	$h_2$	$(Qvr / 1.84 * L)^{2/3}$	0,01	0,30	m	$0.3 \leq h_2 \leq .5$
Correc. longitud por contracción lateral	$L'$	$L - 0.2H$	0,94	-	m	-
Velocidad del rio	$V$	$CMD / L' * H$	0,0036	-	m/s	$0.3 \leq h_2 \leq 3$
Alcance superior del chorro	$X_s$	$0.36 * Vr^{2/3} + 0.60 * H^{4/7}$	0,31	-	m	-
Alcance inferior del chorro	$X_i$	$0.18 * Vr^{4/7} + 0.74 * H^{3/4}$	0,03	-	m	-
Ancho del canal de aducción	$B$	$X_s + 0.10$	0,41	-	m	$B > 0.40m$
Área neta de la rejilla	$An$	$Q / 0.9 Vb$	0,01	0,26	m <sup>2</sup>	#3@5cm= 0.10m/s
Longitud de rejilla $H_z$	$L_r$	$An * a * t / a * B$	0,79	-	m	$L_r > 0.70m$
Comprobación de área neta de rejilla	$An_2$	$(a / a + t) * B * L_r$	0,26	-	m <sup>2</sup>	$An_2 = An$
N de orificios	$N$	$An / a * B$	12,67	-	ud	-
Velocidad de entrada a rejilla	$V_b$	$Q / 0.9 V_b$	0,001	-	m/s	-
Profundidad crítica e inicio	$h_c - h_e$	$(Q^2 / (g * B^2))^{1/3}$	0,01	-	m	-
Longitud del canal diagonal	$L_c$	$L_r + \text{espesor de muro}$	1,09	-	m	-
Profundidad aguas arriba	$h_o$	$(2h_e^2 + (h_e - l * L_r / 3)^2)^{1/2} - 2/3 * i * L_r$	0,01	-	m	$h_e = 0.05m$
Profundidad total aguas arriba	$H_o$	$h_o + B. L$	0,02	-	m	-

Variable	Simb.	Fórmula	Valor	Val. Pro	ud	Criterio
Borde libre	B. L	$H_o - h_c$	0,01	-	m	-
Profundidad total aguas abajo	He	$h_e + (h_o - h_e) + i * L_c + B * L$	0,14	-	m	-
La velocidad del agua al final	Ve	$Q / B * H_e$	0,29	-	m/s	$0.3 \leq V_s \leq 3$
Eficiencia	E	$a / (a + t)$	0,50	-	%	
Velocidad aguas arriba de la reja	v	$V * E$	0,14	-	m/s	Ok
Pérdidas de carga en la reja limpia	hf <sub>1</sub>	$h = k * (t / b) * v * \text{sen}\theta$	0,0001	-	m	-
a) Pérdidas de carga (por velocidad)	hfo	$k * (V^2 / 2g)$	0,0165	-	m	-
b) Pérdidas de carga (Kirschmer)	hfo	$K * (t/a)^{1.3} * (V^2 / 2g) * \text{Sen } q$	0,0021	-	m	-
c) Pérdidas de carga (Metcalf-Eddy)	hfo	$1.43 * ((V^2 - v^2) / 2g)$	0,0247	-	m	-
Pérdidas de carga con reja obstruida	hf <sub>2</sub>	$\{E / [((100 - O) / 100) * E]\} * hf_1$	0,0050	-	m	-
Altura de agua en el sistema de rejillas	Y <sub>2</sub>	$Y_1 + hf_1 + hf_2$	0,1051	-	m	-
Volumen de material retenido	R	$Q * r * 86400$	0,0256	-	m <sup>3</sup> /día	-

**Tabla 33.** Cálculos de cámaras de recolección

Variable	Simb.	Fórmula	Valor	ud	Criterio
Alcance superior del chorro	X <sub>s</sub>	$0.36 * V_e^{2/3} + 0.60 * H_e^{4/7}$	0,20	m	-
Alcance inferior del chorro	X <sub>i</sub>	$0.18 * V_e^{4/7} + 0.74 * H_e^{3/4}$	0,11	m	-
Ancho del canal de aducción	L	$X_s + 0.3$	0,50	m	$B > 0.40m$

**Tabla 34.** Cálculos de altura muro de contención

Variable	Simb.	Fórmula	Valor	ud	Criterio
Altura muro de contención	H	$(Q_{max1} / 1.84 * L)^{2/3}$	0,01	m	
Altura muro de contención más borde	Htotal	H + 0.5	0,51	m	Utilizar 1m de altura

**Tabla 35.** Cálculos de desagüe del caudal de excesos

Variable	Simb.	Fórmula	Valor	ud	Criterio
Altura del vertedero de crecida (Lam. agua)	Hexc	$(Q_{vr} / 1.84 * L)^{2/3}$	0,01	m	$0.3 \leq h_2 \leq .5$
Caudal a través de la rejilla	Qcapr	$C_d * A_n * \sqrt{2 * g * H}$	0,002	m <sup>3</sup> /s	-
Coef. de descarga	Cd	0,3	0,30	m	Utilizar 1m de altura
Caudal de excesos	Qexc	Qcapt - Qdis	0,00	m <sup>3</sup> /s	-
Velocidad de exceso	Vexc	$Q_{exc} / H_{exc} * B_{cam}$	0,03	m/s	-
Alcance superior del chorro	Xs	$0.36 * V_{exc}^{2/3} + 0.60 * H_{exc}^{4/7}$	0,08	m	-

**Tabla 36.** Cálculo de tubería de excesos

Variable	Simb.	Fórmula	Valor	ud	Criterio
Cota de entrada	Cinic	-	515	msnm	-
Cota de río en la entrega	Cfin	-	501	msnm	-
Longitud de entrega en el río	Lf	-	8,00	m	-
Pendiente del fondo del canal	i	-	25,00	%	0,03
Diámetro de tubería de exceso	D	$(Q / 0.2785 * C * (i)^{0.54})^{1/2.63}$	1,000	Pulg	-

**Tabla 37.** Dimensiones finales del dique de toma

Variable	Simb.	Fórmula	Valor	ud
Longitud de vertedero de crecida	Lvc	-	4,00	m
Longitud de vertedero	Lvr	-	1,00	m
Altura del vertedero de rebose	h1	-	0,01	m
Altura del vertedero de crecida	h2	-	0,01	m
Ancho de la reja	b	-	0,41	m
Longitud de la reja	Lr	-	0,79	m
Diámetro de la barra	t	-	1/2	pulg
Separación entre barras	a	-	0,05	m
Número de barra	n	$b / a - 1$	13	ud
Profundidad total aguas arriba	Ho	-	0,002	m
Longitud del canal diagonal	Lc	-	1,09	m
Profundidad total aguas abajo	He	-	0,14	m
Pendiente del fondo del canal	i	-	0,03	m/s

#### 4.2.5.2 Diseño de desarenador

Se proponen dimensiones de 6 m de largo, 0.48 m de ancho y 1.35 m de alto, de mampostería confinada y para evitar el ingreso de otras partículas tendrá su tapa de inspección, además tendrá todos sus dispositivos para su operación y limpieza. A 1/3 de su longitud estará una taquilla transversal al flujo de agua y su función será recolectar los sedimentos sólidos, tendrá una tubería de limpieza de 4" de diámetro.

El dimensionamiento de la tanquilla corresponde a 0.2 m de ancho, 0.20m de largo y 0.3 m de alto, a ella estará llegando una pendiente de 5% desde el borde inferior en la salida del agua.

**Tabla 38.** Valores preliminares de diseño del desarenador

Datos preliminares	Cálculos	ud
Velocidad de sedimentación de la partícula <b>Vs</b>	0.0006	m/s
Caudal de diseño <b>Q</b>	0.0016	m <sup>3</sup> /s
Diámetro de partículas <b>d</b>	2.5	mm
Velocidad de arrastre <b>Va</b>	8.05	m/s
Velocidad de flujo <b>Vh</b>	2.6833	m/s
Sección transversal <b>a</b>	0.0006	m <sup>2</sup>
Área superficial <b>A</b>	2.8661	m <sup>2</sup>
Ancho del sedimentador <b>B</b>	0.48	m
Longitud de la estructura de entrada <b>L1</b>	1.00	m
Longitud de la estructura del sedimentador teórica	6.00	m
Altura máxima de sedimentación <b>H</b>	1.20	m
Altura de agua sobre el sedimentador <b>Ha</b>	1.20	m
Pendiente del fondo <b>S</b>	10	%
Longitud de la cresta del vertedero <b>L</b> de salida igual al ancho del sedimentador <b>B</b>	0.48	m
Velocidad de paso a través de los orificios de la cortina de distribución <b>Vo</b> , velocidad baja para distribuir el flujo	0.10	m/s
Diámetro de los orificios <b>D</b>	0.05	m
Número de orificios a lo ancho de <b>N1</b>	3	unidad
Número de filas de orificios en altura de cortina	4	unidad
Sección del canal de limpieza <b>A2</b>	0.008	m <sup>2</sup>

**Tabla 39.** Memoria de cálculo del diseño del desarenador

<b>Variables de diseño</b>	<b>Cálculos</b>		<b>ud</b>
Área superficial de la zona de decantación <b>As</b>	$Q / V_s$	2.87	m <sup>2</sup>
Longitud de la zona de sedimentación <b>L2</b>	$As / B$	7.00	m
Longitud total del sedimentador <b>Lt</b>	$L1 + L2$	6.00	m
Relación largo entre ancho de la zona de sedimentación	$Lt / B$	12.50	-
Longitud del sedimentador a usar	Proponerlo	5.00	m
<i>Revisar criterios</i>			
Relación larg/alto de la zona de sedimentación $5.00 < Lt/H < 9.00$	$Lt / H$	5.00	
Velocidad horizontal del flujo <b>Vh</b>	$(100*Q) / (B*H)$	0.28	m/s
Tiempo de retención de la unidad <b>To</b>	$(As*H) / (3600*Q)$	0.60	h
Altura máxima en la tolva de lodos <b>H1</b>	$H + (S*L2)$	1.80	m
Altura del agua sobre el vertedero de salida <b>H2</b>	$(Q / (1.84*L)) ^ 2/3$	0.15	m
Área total de orificios <b>Ao</b>	$Q / V_o$	0.02	m <sup>2</sup>
Área de cada orificio <b>ao</b>	$0.7854 * (D)^2$	0.002	m <sup>2</sup>
Número de orificios <b>n</b>	$Ao / ao$	8.15	ud
Altura de la cortina con orificios <b>h</b>	$H - (2H/5)$	0.72	m
Espaciamiento entre filas de orificios (Eje altura) <b>a</b>	$h/N2$	0.14	m
Espaciamiento lateral con respecto a la pared <b>a1 lat</b>	$(B - a * (N1-1)) / 2$	0.10	m
Tiempo de Vaciado de la unidad <b>T1</b>	$(60*As*H1) / (4850*A2)$	5.95	min
Caudal de diseño de la tubería de desagua para evitar represamiento en la caja de salida <b>q</b>	$(1000*Lt*B*H1) / (60*T1)$	14.53	L/s

**Tabla 40.** Dimensiones del desarenador

Dimensiones Propuestas	
Ancho	0,48 m
Alto	1,35 m
Altura en la tolva de lodo	1,80 m
Largo	6,00 m

#### 4.2.5.3 Diseño de filtro lento

Para este diseño se dispone del caudal máximo diario en el año 20 correspondiente a 5.76 m<sup>3</sup>/h.

Las dimensiones de la caja de filtro están propuestas para cumplir la relación largo-ancho igual a 1.33 recomendada por la norma NTON 09 001-99 en el inciso 9.3.3 sección h, basado a 2 unidades las medidas se muestran en la tabla 41:

**Tabla 41.** Variables básicas del filtro lento descendente

Variable	Simb.	Fórmula	Valor	ud	Criterio
Velocidad de filtración	$V_F$	-	20	m/h	-
Caudal de diseño	CMD	-	5,764	m <sup>3</sup> /h	-
Velocidad final	$V_F$	-	0,15	m/h	-
Números de módulos	N	-	2	ud	Propuesto
Área superficial total	$A_s$	$A_s = \text{CMD}/V_F$	38.4	m <sup>2</sup>	-
Área superficial por modulo	$A_{sm}$	$A_s / N$	19,2	m <sup>2</sup>	-
Ancho	a	-	3,8	m	-
Largo	b	-	5,06	m	-
Relación ancho largo	$R_{a/b}$	$a/b$	0.75	-	-
Vida útil	$V_u$	-	20		Propuesto

**Tabla 42.** Diámetros de recolector principal y lateral

Variable	Simb.	Fórmula	Valor	ud	Criterio
Espaciamiento entre laterales	$E_l$	-	0.73	m	$0.5 \leq E_l \leq 1$
Número de laterales	$N_l$	$b/E_l$	7	-	-
Caudal de lateral	$q_l$	$(CMD/N) / N_l$	0,42	m <sup>3</sup> /h	-
Espesor de orificios	$R_o$	-	0.0015		$0.0015 \leq R_o \leq 0.005$
Diámetro de orificios	$D_o$	-	3/8	pulg	$6 \leq D_o \leq 19$ mm
Número de orificios por laterales	$N_{oxl}$	$(A_{sm} * R_o) / (A_o * N_l)$	59	-	-
Longitud lateral	$L_l$	$a - 0.05$	3.75	m	0.05 m
Longitud principal	$L_p$	$b - 0.025$	5.04	m	0.025 m
Espaciamiento entre orificio	$E_{lo}$	$2L_l / N_{oxl}$	0.13	m	-
Velocidad de laterales	$V_l$	-	-	m/s	$0.3 \leq V_l \leq 0.5$
Diámetro de laterales	$D_l$	$(4CMD / (V_l \pi))^{1/2}$	0.0824	m	PVC SDR 41
			3	pulg	
Diámetro principal	$D_p$	$2 * D_l$	6	pulg	PVC SDR 41

**Tabla 43.** Pérdidas en el proceso de filtración

Variable	Simb.	Fórmula	Valor	ud
Área del orificio del lateral	$A_{ol}$	$\pi * D_o^2 * 1/4$	$7.09E^{-11}$	m <sup>2</sup>
Velocidad en el orificio	$V_o$	$(q_l / N_{oxl}) / A_{ol}$	0.007	m/s
Pérdida de carga por entrada al orificio del lateral	$H_{fo}$	$1.5 V_o^2 / 2g$	$3,687E^{-06}$	m
Gradiente hidráulico en el lateral	$S_l$	$(q_l * n) / (A_{dl} * R_{hl}^{2/3})^2$	$1,021E^{-05}$	

Variable	Simb.	Fórmula	Valor	ud
Pérdida de carga en el lateral	$H_{fl}$	$S_l * L_l / 3$	$1,274E^{-05}$	m
Pérdidas por descarga del lateral en el principal	$H_{flp}$	$1.5 V_l^2 / 2 g$	$4,901E^{-05}$	m
Velocidad lateral	$V_l$	$q_l / A_{dl}$	0,025	m/s
Pérdidas de carga en el principal	$H_{fp}$	$S_p * L_p / 3$	$3,064E^{-05}$	m
Gradiente hidráulico en el principal	$S_p$	$(q_p * n) / (A_{dp} * R_h^{2/3})^2$	$1,217E^{-05}$	
Pérdidas de carga por salida	$H_{fs}$	$1.5 V_p^2 / 2 g$	0,00015	m
Velocidad principal	$V_p$	$q_p / A_{dp}$	0.044	m/s
Pérdidas de carga en el medio filtrante	$H_{ff}$	$0.0608 V_F H_o / D_o^2$	0.33	m
Cálculos de pérdidas totales	$H_{ft}$	$H_{fo} + H_{fl} + H_{flp} + H_{fp} + H_{fs} + H_{ff}$	0.34	m

### 4.3 Tercera etapa

#### 4.3.1 Estudio topográfico

En la comunidad de Santa Cruz se realizó el levantamiento topográfico correspondiente al área de la fuente de abastecimiento, línea de conducción, de igual manera, el tanque de almacenamiento y la red de distribución.

Dicho levantamiento topográfico se llevó a cabo con Estación total, de tal manera, se presentan los puntos del sistema de abastecimiento con sus respectivas coordenadas y elevaciones, ver anexo, apéndice D.

#### 4.3.2 Diseño de línea de conducción

##### 4.3.2.1 Paso 1

En la tabla 44 se detallan los datos básicos para realizar el diseño de la línea de conducción.

**Tabla 44.** Datos básicos para el cálculo de línea de conducción

(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
Tramo		Longitud (m)	Caudal (L/s)	Cota i (m)	Cota f (m)	Coef Hazen
Captación	Almacenamiento		CMD	PVC		
Est inicial	Est final					
0 + 000	1 + 236	1,236	1.008	515	434.03	150

#### 4.3.2.2 Paso 2

- ✓ *Columna (H):* La carga estática

$$C_{est} = 515 \text{ m} - 434.03 \text{ m} = 80.97 \text{ m}$$

- ✓ *Columna (I):* La pérdida de carga unitaria disponible

$$H_f = \frac{(515 - 434.03) * 1000}{1236} = 65.50 \text{ m/Km}$$

- ✓ *Columna (J):* Dimensionamiento del diámetro

$$D = \sqrt[2.63]{\frac{1.008}{0.0004264 * 150 * 65.50^{0.54}}} = 1.2090 \text{ pulg}$$

- ✓ *Columna (K):* Se propuso un diámetro de 1 ½ pulg en SDR 26

- ✓ *Columna (L):* Calculo del diámetro interior

$$e = \frac{1.5 \text{ pulg}}{26} = 0.057 \text{ pulg}$$

$$D_{int} = 1.5 \text{ pulg} - 2(0.057 \text{ pulg}) = 1.386 \text{ pulg}$$

- ✓ *Columna (M):* La velocidad del caudal en la línea de conducción

$$V = \frac{4 * 0.001 \text{ L/s}}{\pi * (0.03520 \text{ m})^2} = 1.035 \text{ m/s}$$

El consolidado de los cálculos anteriores se muestra en la tabla 45:

**Tabla 45.** Consolidado L.C

(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)
Carga estática (m)	Perd carga unit disponible (m/m)	Diámetro calculado (pulg)	Diámetro comercial asumido (pulg)		Velocidad (m/s)
			Externo	Interno	
80,97	0,0655	1.2090	1.5	1.386	1.035

**4.3.2.3 Paso 3**

- ✓ *Columna (Ñ):* La pérdida de carga unitaria

$$HF = \frac{0.54 \sqrt{1.008 \text{ L/s}}}{\sqrt{0.0004264 * 150 * 1.386^{2.63}}} = 33.67 \text{ m/Km}$$

- ✓ *Columna (O):* La pérdida de carga total

$$HF = 1.236 \text{ Km} * 33.67 \text{ m/Km} = 41.61 \text{ m}$$

- ✓ *Columna (P):* Cota piezométrica inicial = 515 m.s.n.m.

- ✓ *Columna (Q):* La cota piezométrica final

$$C \text{ Pf} = 515 \text{ m} - 41.61 \text{ m} = 473.38 \text{ m.s.n.m.}$$

- ✓ *Columna (R):* Presión final del tramo

$$\frac{P_2}{\gamma} = 515 \text{ m} - 434.03 \text{ m} - 41.61 \text{ m} = 39.36 \text{ m}$$

En la tabla 46 se muestra el consolidado de resultados del paso 3:

**Tabla 46.** Consolidado L.C.

(Ñ)	(O)	(P)	(Q)	(R)
Perd carga unit real (m/km)	Perd de carga total (m)	Cota piezométrica (m.s.n.m)		Presión final del tramo (m)
		Inicial	Final	
33.67	41.61	515	473.38	39.36

De acuerdo a la tabla 45 la velocidad en la línea de conducción es de 1.035 m/s, dicho valor se encuentra dentro del rango establecido que recomienda la norma (0.4–2 m/s) en su inciso 4.3 y se obtuvo una carga por presión de 39.36 m, valor que se encuentra en el rango admisible de presiones máximas y mínimas de la norma de abastecimiento rural en su inciso 4.5 (5 – 50 m).

#### 4.3.2.4 Paso 4

✓ *Aplicando la ecuación 12 se obtiene:*

$$C = \frac{9900}{\sqrt{(48.3 + 18 \left(\frac{1.386}{0.057}\right))}} = 449.08 \text{ m/s}$$

✓ *Aplicando la ecuación 13 se obtiene el siguiente periodo de tubería:*

$$T = \frac{2 * 1236 \text{ m}}{449.08 \text{ m/s}} = 5.50 \text{ s}$$

✓ *Aplicando la ecuación 14 se calculó la sobrepresión en la tubería:*

$$h_a = \frac{449.08 \text{ m/s} * 1.035 \text{ m/s}}{9.81 \text{ m/s}^2} = 47.38 \text{ m}$$

✓ *Presión total en la tubería:*

$$P_{\text{total}} = 47.38 \text{ m} + 39.36 \text{ m} = 86.74 \text{ m.c.a} \approx 123.4 \text{ Psi}$$

Se propuso una tubería de 1 ½ pulg en SDR 26, la cual posee una presión de trabajo de 160 Psi, lo que significa que soportaría la sobrepresión causada por el golpe de ariete más la carga estática la cual tuvo un valor de 123.4 Psi.

### 4.3.3 Diseño de tanque de almacenamiento

Las proyecciones de demanda de capacidad se encuentran resumidas en la tabla 47.

**Tabla 47.** Diseño del tanque de almacenamiento

N°	Año	P	CPDT (L/s)	Vol comp (CPDT*15%) (L/s)	Vol reserv (CPDT*20%) (L/s)	Vol tanque (CPDT*35%) (L/s)	Vol tanque m³/día
-	<b>2021</b>	487	-	-	-	-	-
<b>1</b>	<b>2022</b>	499	0.445	0.067	0.089	0.156	13.5
<b>2</b>	<b>2023</b>	512	0.456	0.068	0.091	0.160	13.8
<b>3</b>	<b>2024</b>	524	0.468	0.070	0.094	0.164	14.1
<b>4</b>	<b>2025</b>	538	0.479	0.072	0.096	0.168	14.5
<b>5</b>	<b>2026</b>	551	0.491	0.074	0.098	0.172	14.9
<b>6</b>	<b>2027</b>	565	0.504	0.076	0.101	0.176	15.2
<b>7</b>	<b>2028</b>	579	0.516	0.077	0.103	0.181	15.6
<b>8</b>	<b>2029</b>	593	0.529	0.079	0.106	0.185	16.0
<b>9</b>	<b>2030</b>	608	0.542	0.081	0.108	0.190	16.4
<b>10</b>	<b>2031</b>	623	0.556	0.083	0.111	0.195	16.8
<b>11</b>	<b>2032</b>	639	0.570	0.085	0.114	0.199	17.2
<b>12</b>	<b>2033</b>	655	0.584	0.088	0.117	0.204	17.7
<b>13</b>	<b>2034</b>	671	0.599	0.090	0.120	0.210	18.1
<b>14</b>	<b>2035</b>	688	0.614	0.092	0.123	0.215	18.6
<b>15</b>	<b>2036</b>	705	0.629	0.094	0.126	0.220	19.0
<b>16</b>	<b>2037</b>	723	0.645	0.097	0.129	0.226	19.5
<b>17</b>	<b>2038</b>	741	0.661	0.099	0.132	0.231	20.0
<b>18</b>	<b>2049</b>	760	0.677	0.102	0.135	0.237	20.5
<b>19</b>	<b>2040</b>	779	0.694	0.104	0.139	0.243	21.0
<b>20</b>	<b>2041</b>	798	0.712	0.107	0.142	0.249	<b>21.5</b>

### 4.3.3.1 Características del tanque de almacenamiento

De acuerdo a las características económicas que presenta la comunidad se propuso un tanque cuadrado de concreto ciclópeo que estará apoyado sobre el suelo. La geometría del mismo se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla 48.** Dimensiones del tanque

Vol	Largo interno	Ancho interno	Altura de tirante	Borde libre	Espesor de tapa
21.5 m <sup>3</sup>	3.00 m	3.00 m	2.40 m	0.40 m	0.10 m

### 4.3.4 Desinfección

Mediante la ecuación 16, se calculó el gasto de hipoclorito para cada día de los periodos anuales de diseño, a continuación, se ejemplifica el cálculo para el año 2022:

$$Q_{\text{NaClO}_{\text{año22}}} = \frac{1.001 \frac{\text{L}}{\text{s}} * 0.6 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * 86.4}{120 \frac{\text{g}}{\text{L}}} = 0.43 \frac{\text{L}}{\text{día}}$$

Entonces si en el cálculo anterior se establece un gasto de 0.43 L/día para el año 2022, quiere decir que mensualmente se consumirán 12.98 L.

En el mercado nicaragüense las soluciones de cloro se venden en presentaciones del 12% de concentración, por ende, es necesario calcular el volumen de solución al 1% que recomienda ENACAL para el aparato clorinador. Según Cualla (1997), si el hipoclorito de sodio es al 12%, quiere decir: Que en 1kg de hipoclorito de sodio habrá 0.12kg de cloro = 120g de cloro libre o 120g/L, debido, a que el hipoclorito de sodio es en estado líquido. Esto quiere decir que la concentración de solución del hipoclorador al 1% es equivalente a 1.2g/L

Para calcular el caudal del hipoclorador se utilizó la ecuación 17, el resultado será para un periodo de diseño anual:

$$QH = \frac{0.6 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * 1.001 \frac{\text{L}}{\text{s}}}{1.2 \frac{\text{mg}}{\text{ml}}} = 0.5 \frac{\text{ml}}{\text{s}}$$

Los demás resultados hasta llegar al año 2041 se muestra en la tabla siguiente:

**Tabla 49.** Dosis para desinfección

<b>Dosis de cloro = 0.60 mg/L</b>				
<b>Año</b>	<b>CMH L/s</b>	<b>Gasto de hipoclorito 12% L/día</b>	<b>Gasto de hipoclorito mensual L/mes</b>	<b>Caudal del hipoclorador ml/s</b>
<b>2021</b>	—	—	—	—
2022	1,001	0,43	12,98	0,50
2023	1,027	1,11	33,26	0,51
2024	1,052	1,14	34,09	0,53
2025	1,078	1,16	34,94	0,54
2026	1,105	1,19	35,82	0,55
2027	1,133	1,22	36,71	0,57
2028	1,161	1,25	37,63	0,58
2029	1,190	1,29	38,57	0,60
2030	1,220	1,32	39,53	0,61
2031	1,251	1,35	40,52	0,63
2032	1,282	1,38	41,54	0,64
2033	1,314	1,42	42,57	0,66
2034	1,347	1,45	43,64	0,67
2035	1,381	1,49	44,73	0,69
2036	1,415	1,53	45,85	0,71
2037	1,450	1,57	46,99	0,73

Dosis de cloro = 0.60 mg/L				
Año	CMH L/s	Gasto de hipoclorito 12% L/día	Gasto de hipoclorito mensual L/mes	Caudal del hipoclorador ml/s
2038	1,487	1,61	48,17	0,74
2039	1,524	1,65	49,37	0,76
2040	1,562	1,69	50,61	0,78
2041	1,601	1,73	51,87	0,80

### 4.3.1 Red de distribución

#### 4.3.1.1 Demandas nodales

El caudal unitario para el análisis del modelo hidráulico de la red de distribución se calculó a través de la ecuación 19, como se detalla a continuación:

$$q_u = \frac{1.6010}{5,206.599} = 0.003 \text{ L/m}^3\text{s}$$

La distribución de caudales se realizó a través del método tributario, aplicando la ecuación 20, para cada distancia comprendida entre los nodos propuestos (ver tabla 50), la tabla 51 muestra los resultados de los caudales en cada nodo.

**Tabla 50.** Distancias nodales

Tramo		Descripción	Longitud real
Tanque	N1	R primaria	70.000 m
N1	N2	R primaria	250.000 m
N2	N3	R primaria	240.000 m
N3	N4	R primaria	320.000 m
N4	N5	R primaria	410.000 m
N5	N6	R primaria	230.000 m
N6	N7	R primaria	250.000 m
N7	N8	R primaria	250.000 m

Tramo		Descripción	Longitud real
N8	N9	R primaria	75.180 m
N9	N10	Ramal #1	26.960 m
N10	N11	Ramal #1	45.000 m
N9	N12	R primaria	155.480 m
N12	N13	R primaria	71.960 m
N13	N14	Ramal #2	100.000 m
N14	N15	Ramal #2	80.000 m
N15	N16	Ramal #2	120.000 m
N16	N17	Ramal #2	200.000 m
N17	N18	Ramal #2	231.240 m
N13	N19	R primaria	40.790 m
N19	N20	R primaria	41.290 m
N20	N21	R primaria	168.230 m
N21	N22	Ramal #3	77.453 m
N21	N23	R primaria	287.070 m
N23	N24	R primaria	210.000 m
N24	N25	R primaria	235.280 m
N25	N26	Ramal #4	200.000 m
N26	N27	Ramal #4	200.000 m
N27	N28	Ramal #4	200.000 m
N28	N29	Ramal #4	156.900 m
N25	N30	R primaria	184.720 m
N30	N31	R primaria	151.740 m
<b>Longitud total</b>			<b>5279.293 m</b>

**Tabla 51.** Caudales nodales

Nodo	Elevación (m.s.n.m.)	$Q_u$ ( $Ls^{-1}m^{-1}$ )	$L_{tributaria}$ (m)	Q nodal (L/s)
Tanque	415.99	0.0003	0	0.0000
N1	376.04	0.0003	195	0.0591
N2	358.40	0.0003	245	0.0743
N3	352.94	0.0003	280	0.0849
N4	357.85	0.0003	365	0.1107
N5	344.44	0.0003	320	0.0970

Nodo	Elevación (m.s.n.m.)	$Q_u$ ( $Ls^{-1}m^{-1}$ )	$L_{tributaria}$ (m)	Q nodal (L/s)
N6	343.35	0.0003	240	0.0728
N7	346.16	0.0003	250	0.0758
N8	340.49	0.0003	162.59	0.0493
N9	339.60	0.0003	128.81	0.0391
N10	340.68	0.0003	35.98	0.0109
N11	342.26	0.0003	22.5	0.0068
N12	339.12	0.0003	113.72	0.0345
N13	337.42	0.0003	106.375	0.0323
N14	339.50	0.0003	90	0.0273
N15	342.13	0.0003	100	0.0303
N16	349.10	0.0003	160	0.0485
N17	353.12	0.0003	215.62	0.0654
N18	368.56	0.0003	115.62	0.0351
N19	338.11	0.0003	41.04	0.0124
N20	334.55	0.0003	104.76	0.0318
N21	338.23	0.0003	266.3765	0.0808
N22	340.80	0.0003	38.7265	0.0117
N23	333.10	0.0003	248.535	0.0754
N24	336.59	0.0003	222.64	0.0675
N25	335.42	0.0003	310	0.0940
N26	318.83	0.0003	200	0.0607
N27	325.35	0.0003	200	0.0607
N28	331.88	0.0003	178.45	0.0541
N29	337.00	0.0003	78.45	0.0238
N30	336.96	0.0003	168.23	0.0510
N31	328.26	0.0003	75.87	0.0230
Suma			<b>5279.293 m</b>	<b>1.6010 L/s</b>

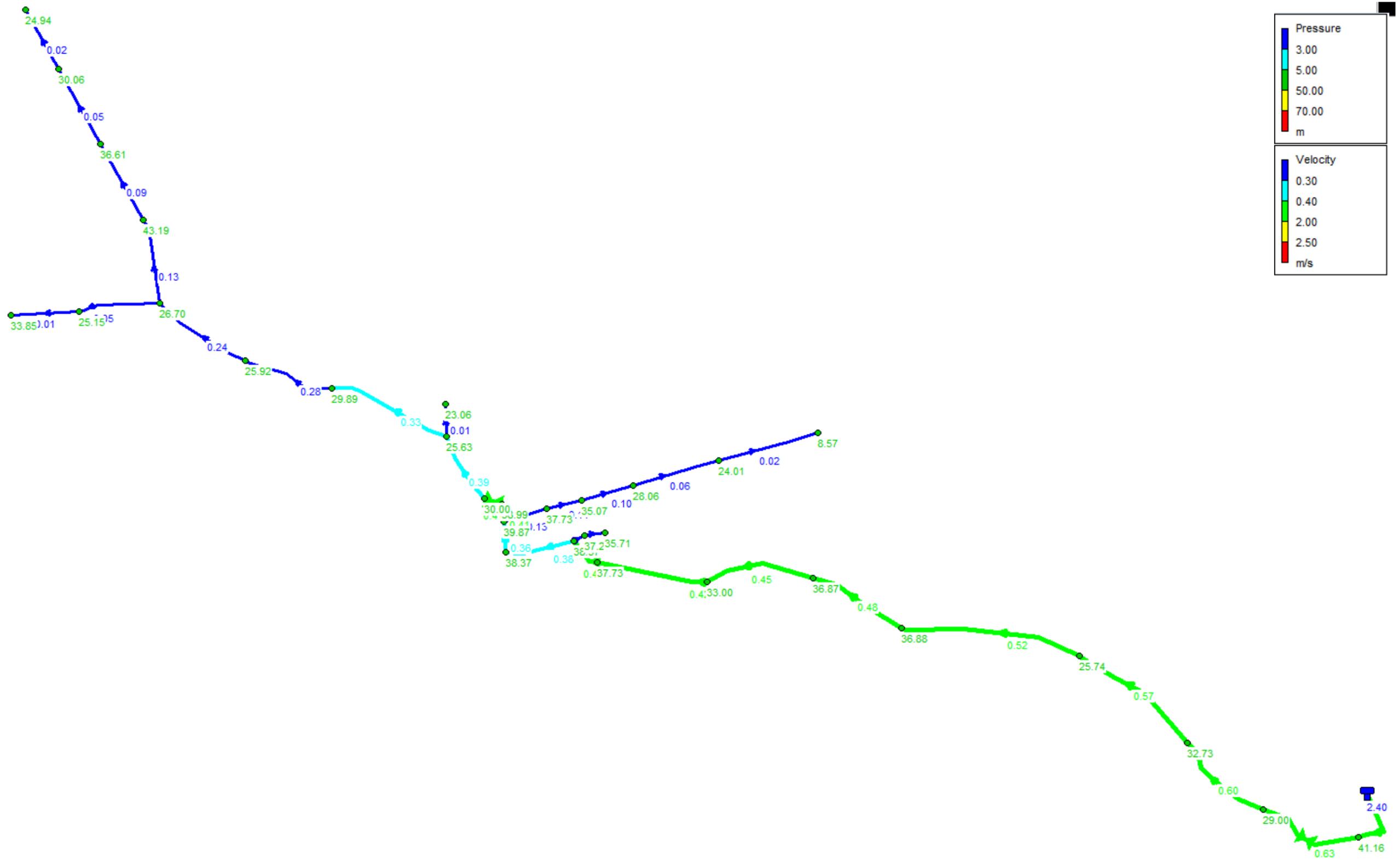
#### 4.4 Cuarta etapa

##### 4.4.1 Análisis hidráulico de la red de distribución

El análisis hidráulico de la red de distribución se realizó tomando en cuenta tres condiciones de trabajo; bajo la más exigente (demanda cero) se propuso utilizar tubería de 2 pulgadas a partir de la salida del tanque para luego disminuir a tubería de 1 ½ pulgada en el resto de la red, ambas en SDR 26. Los resultados de dichas simulaciones se presentan a continuación:

#### 4.4.1.1 Red de distribución bajo condición de CMH y tanque lleno

Figura 13. Valores de presiones y velocidades (CMH y tanque lleno)



**Tabla 52.** Resultados de presiones (CMH y tanque lleno)

ID Nudo	Cota (m)	Demanda (L/s)	Presión (m)
N-1	376.04	0.06	41.16
N-2	358.40	0.07	29.00
N-3	352.94	0.08	32.73
N-4	357.85	0.11	25.74
N-5	344.44	0.1	36.88
N-6	343.35	0.07	36.87
N-7	346.16	0.08	33.00
N-8	340.49	0.05	37.73
N-9	339.60	0.04	38.37
N-10	340.68	0.01	37.29
N-11	342.26	0.01	35.71
N-12	339.12	0.03	38.37
N-13	337.42	0.03	39.87
N-14	339.50	0.03	37.73
N-15	342.13	0.03	35.07
N-16	349.10	0.05	28.06
N-17	353.12	0.07	24.01
N-18	368.56	0.04	8.57
N-19	338.11	0.01	38.99
N-20	334.55	0.03	30.00
N-21	338.23	0.08	25.63
N-22	340.8	0.01	23.06
N-23	333.10	0.08	29.89
N-24	336.59	0.07	25.92
N-25	335.42	0.09	26.70
N-26	318.83	0.06	43.19
N-27	325.35	0.06	36.61
N-28	331.88	0.05	30.06
N-29	337.00	0.02	24.94
N-30	336.96	0.05	25.15
N-31	328.26	0.02	33.85
Tanque	415.99	-1.60	2.40

Al efectuar la simulación se obtuvieron presiones que sobrepasan el límite máximo recomendado por la norma por lo que se propuso la instalación de dos válvulas reguladoras de presión, con esto se consiguió reducir dichas presiones a valores admisibles como se observa en la tabla 52.

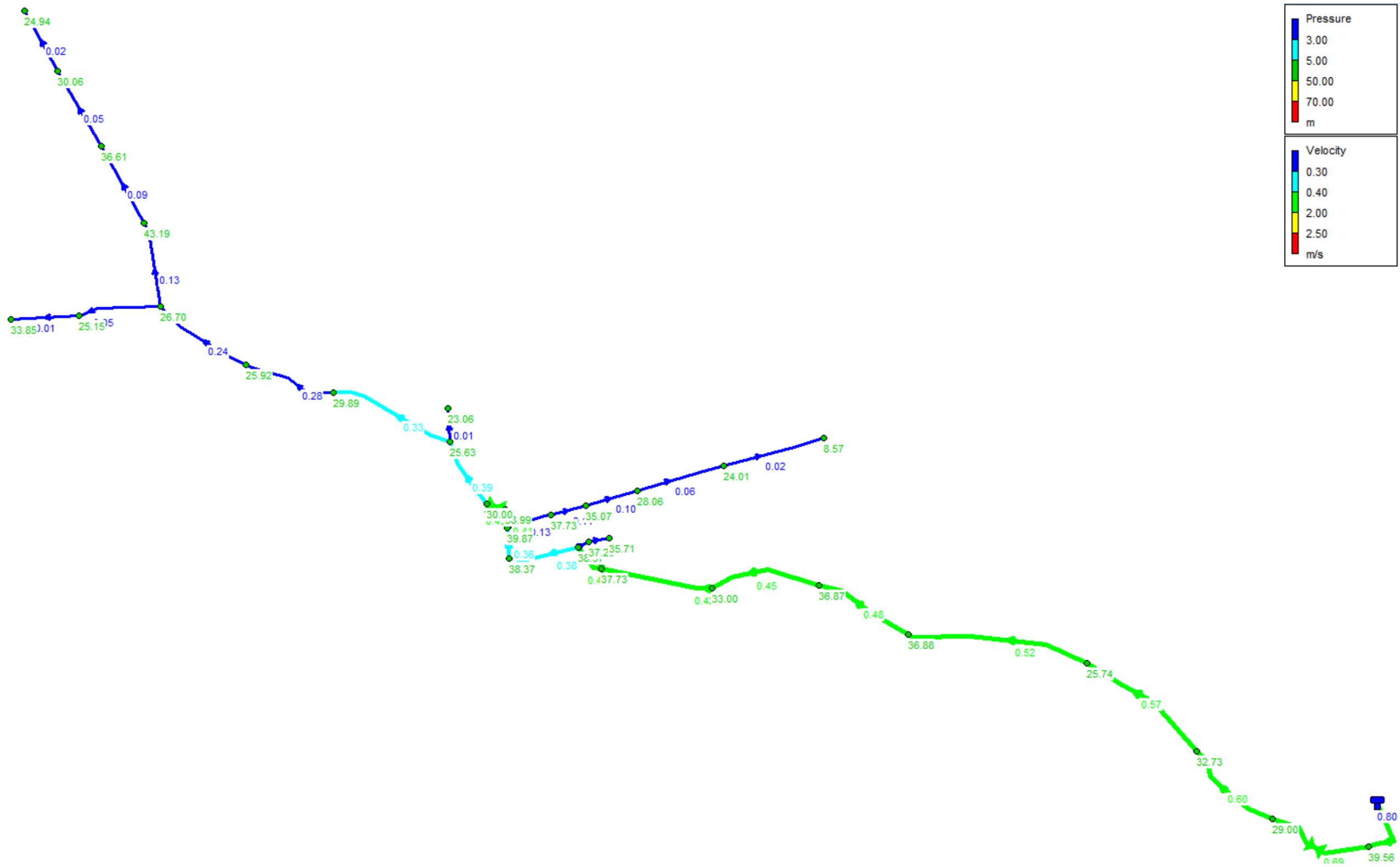
**Tabla 53.** Resultados de velocidades (CMH y tanque lleno)

ID Tubería	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)
T-1	140.00	55.71	1.60	0.66
T-3	240.00	55.71	1.47	0.60
T-4	320.00	55.71	1.38	0.57
T-5	410.00	55.71	1.27	0.52
T-6	230.00	55.71	1.17	0.48
T-7	250.00	55.71	1.10	0.45
T-8	250.00	55.71	1.03	0.42
T-9	75.18	55.71	0.98	0.40
T-10	26.96	44.56	0.02	0.01
T-11	45.00	44.56	0.01	0.00
T-12	155.48	55.71	0.92	0.38
T-13	71.96	55.71	0.89	0.36
T-14	100.00	44.56	0.21	0.13
T-15	80.00	44.56	0.18	0.11
T-16	120.00	44.56	0.15	0.10
T-17	200.00	44.56	0.10	0.06
T-18	231.24	44.56	0.04	0.02
T-19	40.79	44.56	0.65	0.41
T-21	168.23	44.56	0.60	0.39
T-22	77.45	44.56	0.01	0.01
T-23	287.07	44.56	0.51	0.33
T-24	210.00	44.56	0.43	0.28
T-25	235.28	44.56	0.37	0.24
T-26	200.00	44.56	0.20	0.13
T-27	200.00	44.56	0.14	0.09
T-28	200.00	44.56	0.08	0.05
T-29	156.90	44.56	0.02	0.02
T-30	184.72	44.56	0.07	0.05
T-31	151.74	44.56	0.02	0.01
Válvula V-1	-	55.71	1.54	0.63
Válvula V-2	-	44.56	0.63	0.41

Se puede observar que en la tabla 53 se reflejan velocidades bajas con respecto al mínimo recomendado por la norma (0.4 m/s), por lo que se propone la instalación de válvulas de limpieza en los puntos más bajos, esto para evitar la acumulación de sedimentos dentro de la tubería.

#### 4.4.1.2 Red de distribución bajo condición de CMH y 1/3 tanque

Figura 14. Valores de presiones y velocidades (CMH y 1/3 tanque)



**Tabla 54.** Resultados de presiones (CMH y 1/3 tanque)

ID Nudo	Cota (m)	Demanda (L/s)	Presión (m)
N-1	376.04	0.06	39.56
N-2	358.4	0.07	29
N-3	352.94	0.08	32.73
N-4	357.85	0.11	25.74
N-5	344.44	0.1	36.88
N-6	343.35	0.07	36.87
N-7	346.16	0.08	33
N-8	340.49	0.05	37.73
N-9	339.6	0.04	38.37
N-10	340.68	0.01	37.29
N-11	342.26	0.01	35.71
N-12	339.12	0.03	38.37
N-13	337.42	0.03	39.87
N-14	339.5	0.03	37.73
N-15	342.13	0.03	35.07
N-16	349.1	0.05	28.06
N-17	353.12	0.07	24.01
N-18	368.56	0.04	8.57
N-19	338.11	0.01	38.99
N-20	334.55	0.03	30
N-21	338.23	0.08	25.63
N-22	340.8	0.01	23.06
N-23	333.1	0.08	29.89
N-24	336.59	0.07	25.92
N-25	335.42	0.09	26.7
N-26	318.83	0.06	43.19
N-27	325.35	0.06	36.61
N-28	331.88	0.05	30.06
N-29	337	0.02	24.94
N-30	336.96	0.05	25.15
N-31	328.26	0.02	33.85
Tanque	415.99	-1.60	0.80

Al comparar la simulación de tanque lleno y tanque a 1/3 de su capacidad se aprecia una disminución en las presiones que experimentan las tuberías.

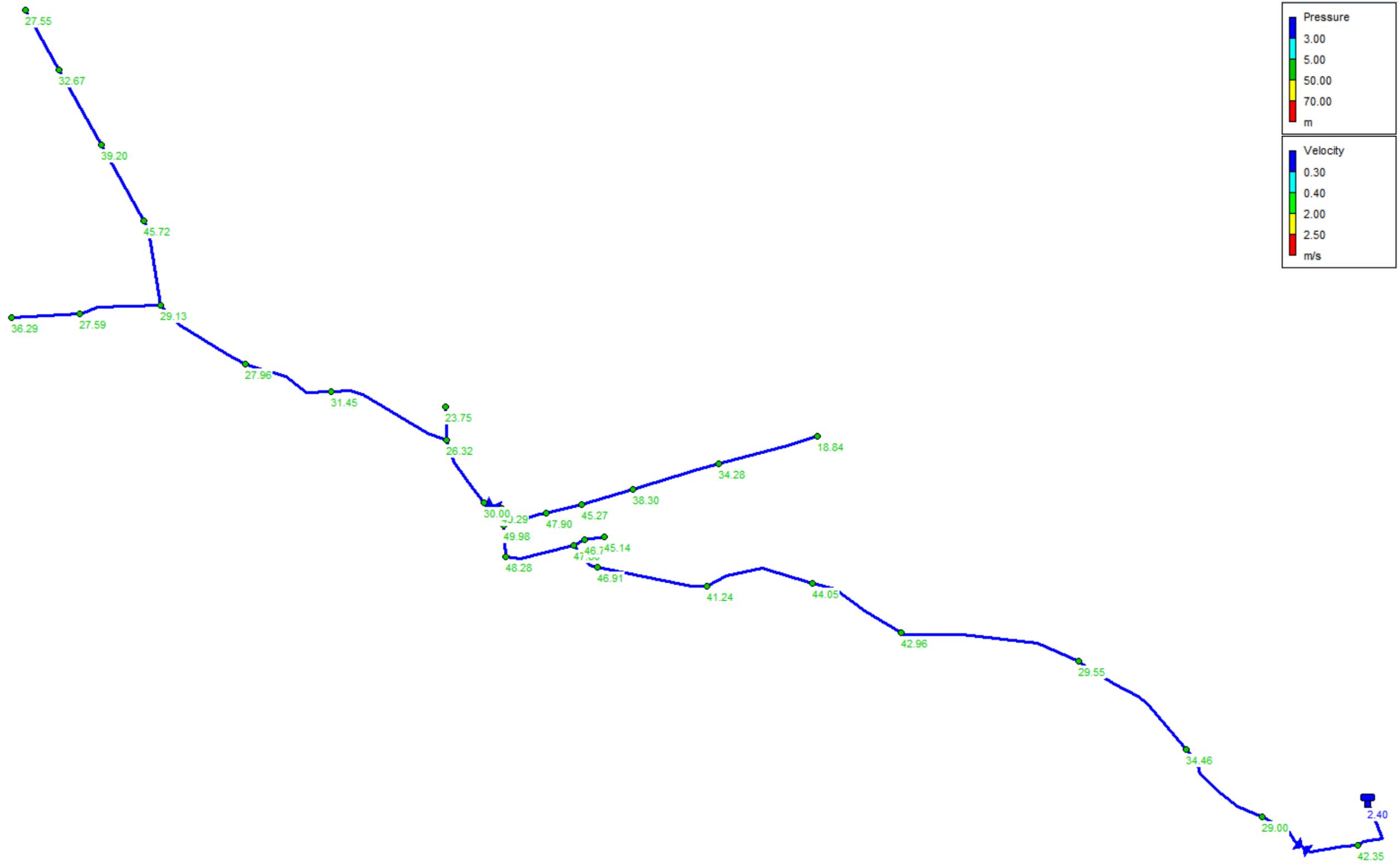
**Tabla 55.** Resultados de velocidades (CMH y 1/3 tanque)

ID Tubería	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)
T-1	140.00	55.71	1.60	0.66
T-3	240.00	55.71	1.47	0.60
T-4	320.00	55.71	1.38	0.57
T-5	410.00	55.71	1.27	0.52
T-6	230.00	55.71	1.17	0.48
T-7	250.00	55.71	1.10	0.45
T-8	250.00	55.71	1.03	0.42
T-9	75.18	55.71	0.98	0.40
T-10	26.96	44.56	0.02	0.01
T-11	45.00	44.56	0.01	0.00
T-12	155.48	55.71	0.92	0.38
T-13	71.96	55.71	0.89	0.36
T-14	100.00	44.56	0.21	0.13
T-15	80.00	44.56	0.18	0.11
T-16	120.00	44.56	0.15	0.10
T-17	200.00	44.56	0.10	0.06
T-18	231.24	44.56	0.04	0.02
T-19	40.79	44.56	0.65	0.41
T-21	168.23	44.56	0.60	0.39
T-22	77.45	44.56	0.01	0.01
T-23	287.07	44.56	0.51	0.33
T-24	210.00	44.56	0.43	0.28
T-25	235.28	44.56	0.37	0.24
T-26	200.00	44.56	0.20	0.13
T-27	200.00	44.56	0.14	0.09
T-28	200.00	44.56	0.08	0.05
T-29	156.90	44.56	0.02	0.02
T-30	184.72	44.56	0.07	0.05
T-31	151.74	44.56	0.02	0.01
Válvula V-1	-	55.71	1.54	0.69
Válvula V-2	-	44.56	0.63	0.45

Realizando la misma comparativa entre las dos simulaciones se observa que las velocidades permanecen invariables cuando el nivel del tanque fluctúa con el tiempo.

#### 4.4.1.3 Red de distribución bajo condición de demanda cero y tanque lleno

Figura 15. Valores de presiones y velocidades (Demanda cero y tanque lleno)



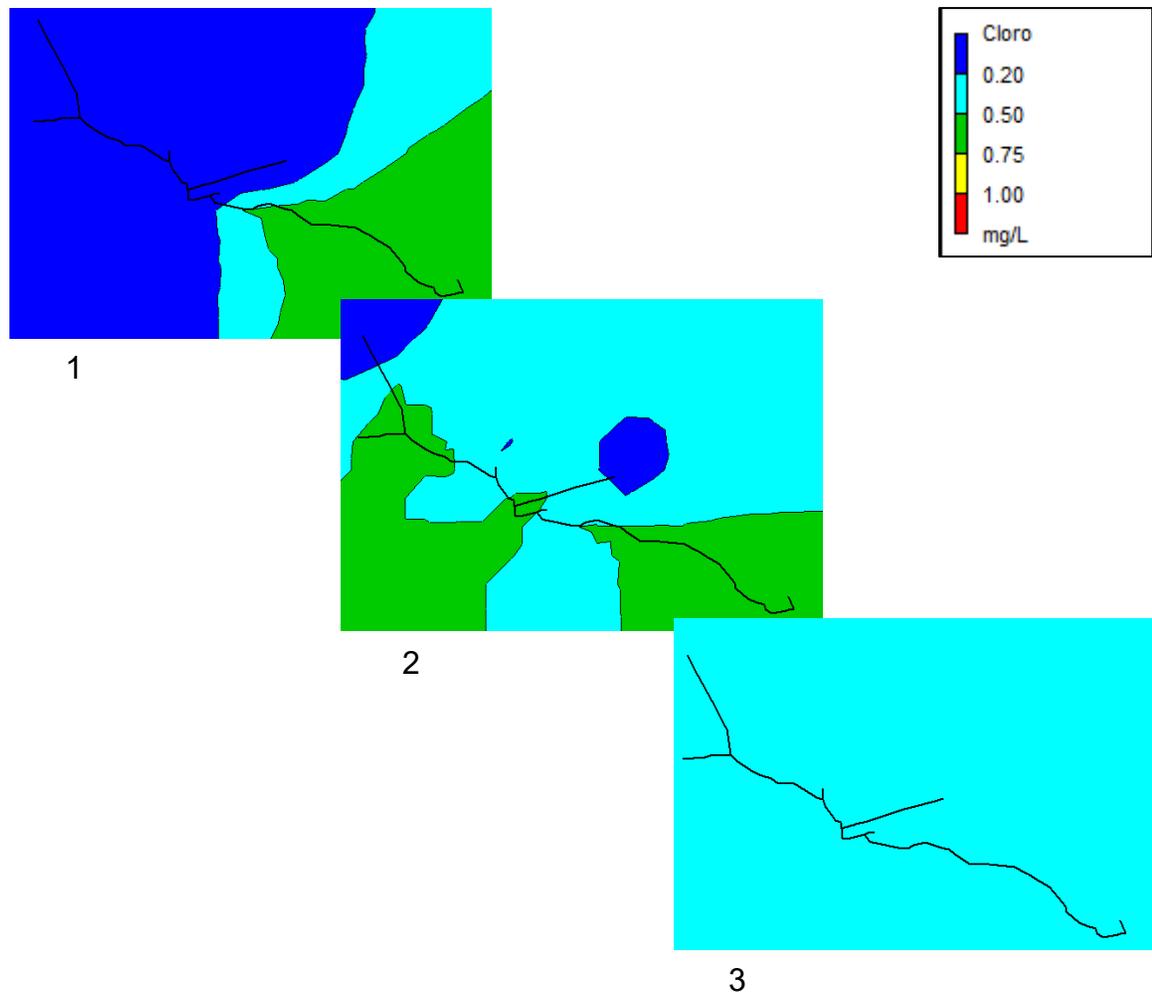
**Tabla 56.** Resultados de presiones (Demanda cero y tanque lleno)

ID Nudo	Cota (m)	Demanda (L/s)	Presión (m)
N-1	376.04	0.00	42.35
N-2	358.4	0.00	29.00
N-3	352.94	0.00	34.46
N-4	357.85	0.00	29.55
N-5	344.44	0.00	42.96
N-6	343.35	0.00	44.05
N-7	346.16	0.00	41.24
N-8	340.49	0.00	46.91
N-9	339.6	0.00	47.80
N-10	340.68	0.00	46.72
N-11	342.26	0.00	45.14
N-12	339.12	0.00	48.28
N-13	337.42	0.00	49.98
N-14	339.5	0.00	47.90
N-15	342.13	0.00	45.27
N-16	349.1	0.00	38.30
N-17	353.12	0.00	34.28
N-18	368.56	0.00	18.84
N-19	338.11	0.00	49.29
N-20	334.55	0.00	30.00
N-21	338.23	0.00	26.32
N-22	340.8	0.00	23.75
N-23	333.1	0.00	31.45
N-24	336.59	0.00	27.96
N-25	335.42	0.00	29.13
N-26	318.83	0.00	45.72
N-27	325.35	0.00	39.20
N-28	331.88	0.00	32.67
N-29	337	0.00	27.55
N-30	336.96	0.00	27.59
N-31	328.26	0.00	36.29
Tanque	415.99	0.00	2.40

Esta condición de trabajo representa la más exigente, debido a que en esta se experimentan las mayores presiones en la red de distribución; se observa en la tabla 56 que las presiones no superan el máximo valor recomendado en la norma NTON 09 001-99 la cual es de 50 m.

#### 4.4.2 Análisis del cloro residual

**Figura 16.** Evolución del cloro residual al cabo de 2,4 y 8 h respectivamente



Se aprecia en figura 16 el comportamiento del cloro residual en la red de distribución, tomándole a estas 8 horas para llegar a los nodos más alejados del sistema y logrando valores residuales recomendados por la norma de abastecimiento los cuales son de 0.2 a 0.5 mg/L. El consolidado de valores se puede apreciar en los anexos, apéndice F.

## CONCLUSIONES

Acorde al análisis socioeconómico que se realizó en la comunidad de Santa Cruz se determinó que el proyecto es aceptado por la población, ya que el sondeo estableció que la población en general cuenta con los recursos económicos para costear los gastos de operación y mantenimiento. Por otra parte, se indicó que la población cuenta con 68 viviendas las cuales fueron encuestadas en su totalidad.

Se proyectó una población para el año 2041 de 798 habitantes, de la misma manera, los consumos correspondientes del mismo año son: CPDT = 0.712 L/s, CMD = 1.008 L/s y CMH = 1.601 L/s.

De acuerdo a los análisis de calidad del agua realizados en la fuente de la comunidad, el agua es de tipo 1B según NTON 05 007-98, por lo tanto, será apta para el consumo de la población siempre y cuando, cuente con un proceso de pretratamiento, tratamiento y desinfección con hipoclorito de sodio.

Se efectuó el levantamiento topográfico correspondiente de la localidad, el cual se dio inicio en el punto previo en que reside la captación del sistema, con una elevación de 515 m.s.n.m., hasta obtener una elevación provechosa para la construcción del tanque de almacenamiento, la cual es de 415.99 m.s.n.m., asimismo, tomando en consideración las características de la zona se eligió la ruta más conveniente para trazar la red de distribución.

El caudal que aporta la fuente seleccionada es de 2.01 L/s, lo que indica que es suficiente para abastecer a la población de la comunidad, durante la vida útil del proyecto, puesto que, el CMD para el año 20 es de 1.008 L/s, esto garantiza un caudal ecológico, para conservar el ecosistema acuático de la comunidad.

Tomando en cuenta el levantamiento topográfico el sistema de abastecimiento será por gravedad, se propone una tubería de PVC de diámetro de 1 ½ pulg en SDR 26 para la línea de conducción y para la red de distribución una combinación

de diámetro 2,322.623 m en tubería de 2 pulg y 2,956.67 en tubería de 1 ½ pulg ambas de PVC en SDR 26, de esta manera, se mantienen los rangos de presiones y velocidades permisibles adoptados de la NTON 09 001-99.

A través, del software de análisis hidráulico EPANET se realizó la simulación de la red de distribución, lo que garantiza el funcionamiento de esta, obteniéndose valores de presiones y velocidades aceptables al proponer la instalación de válvulas (reductoras de presión y limpieza).

## RECOMENDACIONES

- ✓ Evitar el consumo del agua sin cloración, para así prevenir enfermedades que afecten la salud de los pobladores.
- ✓ Organizar y capacitar comité de CAPS en la comunidad para el manejo, mantenimiento y correcta operación de los componentes del sistema.
- ✓ Realizar limpieza constantemente en los diferentes elementos del sistema según lo establecido en el presente estudio.
- ✓ No captar todo el caudal de la fuente, para garantizar la conservación del caudal ecológico.
- ✓ Realizar el aforo de la fuente en periodo de estiaje como lo recomienda la norma, ya que éste se realizó en época de invierno.
- ✓ Utilizar diámetro en las conexiones domiciliarias de ½ pulgada (12.5 mm) y demás obras de arte.

## BIBLIOGRAFÍA

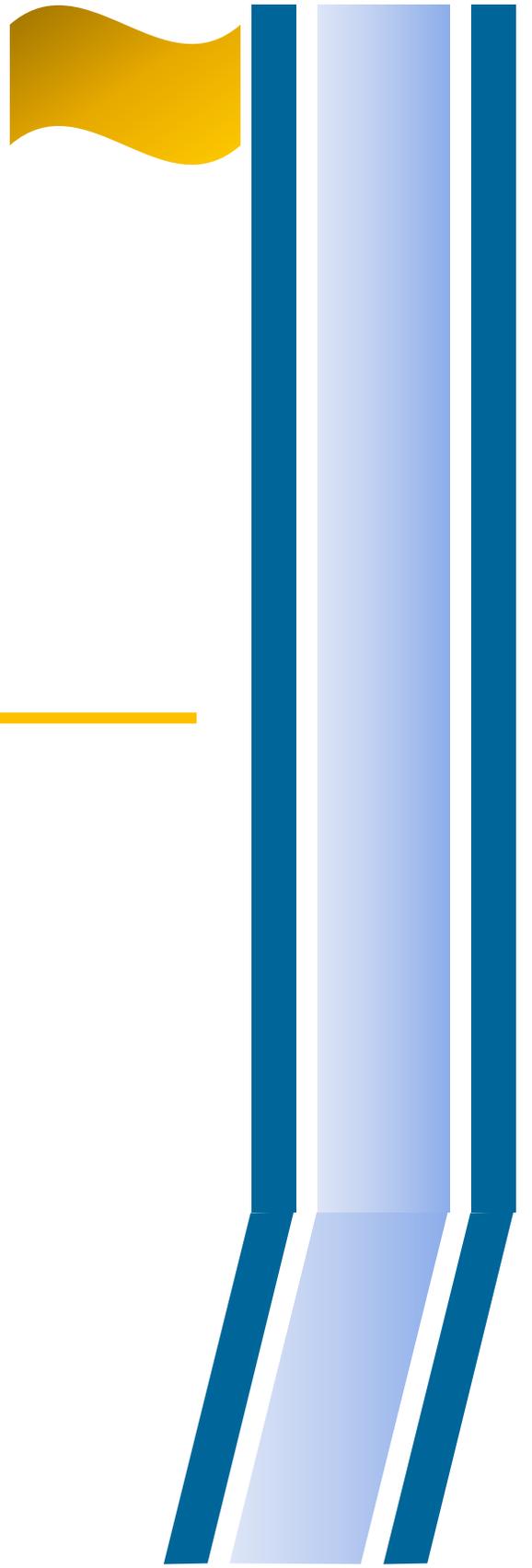
- Bernardo, L., & Bernardo, A. (1993). *Método e técnicas de tratamiento de água*. Brasil: APGIQ.
- Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana (CAPRE). (1993). *Normas de Calidad del Agua para el Consumo Humano*. Costa Rica.
- Fondo de Inversión Social de Emergencia. (2000). *Cartilla de Operación y mantenimiento de mini acueducto por gravedad (MAG)*. Nicaragua.
- Fondo de Inversión Social de Emergencia. (2007). *Manual de Administración del Ciclo de Proyecto Municipal*. Managua.
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo. (2008). *Jalapa en cifras*. Managua.
- Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados. (1999). *Diseño de abastecimiento de agua en el medio rural*. Nicaragua.
- Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados. (1999). *Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización de Agua*. Nicaragua.
- Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal. (2003). *Nueva Segovia*. Obtenido de <http://inifom.gob.ni/>
- López Cualla, R. A. (2003). *Elementos de diseño para Acueductos y Alcantarillados*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Organización Internacional de Normalización. (2018). *Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: Conservación y manipulación de muestras de agua*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/72370.html>
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. Ginebra: OMS.

Organización panamericana de la salud. (2005). *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores*. Lima: UNATSABAR.

Pittman, R. A. (1997). *Agua Potable para la Población*. Perú: Asociación Servicios Educativos (SER).

Ruiz, P. R. (2001). *Abastecimiento de agua*. Oaxaca: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA.

Sistema de Información de Agua y Saneamiento Rural. (2017). *Data Explorer*.  
Obtenido de <https://siasar.fise.gob.ni/dashApp/#/sistemas>



# Anexos

---

## ANEXOS

### Apéndice A - Encuesta socioeconómica de agua y saneamiento

**Departamento:** Nueva Segovia **Municipio:** Jalapa **Comunidad:** Santa Cruz

Quién es el responsable del hogar: Padre \_\_\_\_ Madre \_\_\_\_ Otro \_\_\_\_

Nombre \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ la \_\_\_\_\_ persona \_\_\_\_\_ encuestada:

**Proyecto:** Diseño de sistema de abastecimiento de agua

Datos personales: (iniciar con responsable del hogar) Nombres y Apellidos	Parentesco	Sexo		Edad					Nivel de Escolaridad	Ocupación
		M	F	1- 5	6- 15	16- 25	26- 35	+36		

#### I. Condiciones de la vivienda

(Preg. 2,3 y 4 marcar con X una o más respuestas)

1. La vivienda es: a) Propia \_\_\_\_ b) Prestada \_\_\_\_ c) Alquilada \_\_\_\_
2. Las paredes son: a) Bloque \_\_\_\_ b) Ladrillo \_\_\_\_ c) Madera \_\_\_\_ d) Adobe \_\_\_\_  
e) Ripios \_\_\_\_ f) Otros \_\_\_\_
3. El piso es: a) Madera \_\_\_\_ b) Tierra \_\_\_\_ c) Balastro \_\_\_\_ d) Ladrillo \_\_\_\_  
e) Otro \_\_\_\_
4. El techo es: a) Zinc \_\_\_\_ b) Teja \_\_\_\_ c) Madera \_\_\_\_ d) Palma \_\_\_\_  
e) Paja \_\_\_\_ f) Hoja \_\_\_\_ g) Otro \_\_\_\_
5. Cuantas divisiones tiene la vivienda: a) Tres \_\_\_\_ b) Dos \_\_\_\_ c) No tiene \_\_\_\_
6. Resumen del estado de la vivienda: a) Buena \_\_\_\_ b) Regular \_\_\_\_ c) Mala \_\_\_\_

## II. Situación económica de la familia

7. ¿Cuántas personas del hogar trabajan?

Dentro de la comunidad: H \_\_\_\_ M \_\_\_\_ Total \_\_\_\_

Fuera de la comunidad H \_\_\_\_ M \_\_\_\_ Total \_\_\_\_

¿Cuál es el ingreso económico del mes en este hogar? C\$ \_\_\_\_\_

8. ¿En qué trabajan las personas del hogar?

a) Ganadería \_\_\_\_ b) Agricultura \_\_\_\_ c) Jornaleros \_\_\_\_ Otros \_\_\_\_ ¿Cuál? \_\_\_\_

9. ¿Qué cultivos realizan? a) Arroz \_\_\_\_ b) Frijoles \_\_\_\_ c) Maíz \_\_\_\_ d) Café \_\_\_\_

10. ¿Tienen ganado?

No \_\_\_\_ Si \_\_\_\_ ¿Cuánto?: a) Vacuno \_\_\_\_ b) Equino \_\_\_\_ c) Caprino \_\_\_\_

11. ¿Tienen animales domésticos?

No \_\_\_\_ Si \_\_\_\_ ¿Cuántos?: a) Cerdos \_\_\_\_ b) Gallinas \_\_\_\_

12. ¿Los animales domésticos están?

a) Encerrados \_\_\_\_ b) Amarrados \_\_\_\_ c) Suelos \_\_\_\_

13. ¿Los animales domésticos se abastecen de agua en?

a) El río \_\_\_\_ b) Quebrada \_\_\_\_ c) Pozo

## III. Saneamiento e higiene ambiental de la vivienda

(Observar, verificar)

14. ¿Tienen letrina? A) No \_\_\_\_

B) Si \_\_\_\_ ¿En qué estado se encuentra?

a) Buena \_\_\_\_ b) Regular \_\_\_\_ c) Mala \_\_\_\_ (verificar)

15. ¿Quiénes usan la letrina? a) Adultos \_\_\_\_ b) Niños/as \_\_\_\_ c) Ambos \_\_\_\_

16. ¿La letrina está construida en suelo?

a) Rocoso \_\_\_\_ b) Arenoso \_\_\_\_ c) Arcilloso \_\_\_\_

17. ¿Qué hacen con las aguas servidas de la casa?

a) La riegan \_\_\_\_ b) La dejan correr \_\_\_\_ c) Tienen zanja de drenaje \_\_\_\_ d) Tienen filtro para drenaje \_\_\_\_

18. ¿Existen charcas en el patio? a) Si \_\_\_\_ (pasar #19) b) No \_\_\_\_

19. ¿Cómo eliminan las charcas? a) Drenando\_\_\_\_ b) Aterrando\_\_\_\_ c) Otros\_\_\_\_

#### IV. Recursos y servicios de agua

20. ¿Cuentan con servicio de agua?

a) No\_\_\_\_ ¿Cómo se abastecen?\_\_\_\_\_

b) Si\_\_\_\_ ¿Cuál?\_\_\_\_\_ ¿Cuánto pagan al mes?\_\_\_\_\_

21. ¿Quién busca o acarrea el agua?

a) La mujer\_\_\_\_ b) El hombre\_\_\_\_ c) Los niños\_\_\_\_ d) Otros\_\_\_\_

¿Quién?\_\_\_\_\_

22. ¿Cuántos viajes realizan diario para buscar el agua que utilizan? \_\_\_\_\_

23. ¿En qué almacenan el agua? a) Barriles\_\_\_\_ b) Bidones\_\_\_\_ c) Pilas\_\_\_\_

24. Los recipientes en que se almacena el agua los mantienen:

a) Tapados\_\_\_\_ b) Destapados\_\_\_\_ c) ¿Cómo?\_\_\_\_\_ (verificar)

25. La calidad del agua que consumen en el hogar, la considera:

a) Buena\_\_\_\_ b) Regular\_\_\_\_ c) Mala\_\_\_\_

26. ¿Qué condiciones tiene el agua que consumen? (se puede marcar varias situaciones)

a) Tiene mal sabor\_\_\_\_ b) Tiene mal olor\_\_\_\_ c) Tiene mal color\_\_\_\_

#### V. Programa de agua potable y saneamiento rural (PASR)

27. ¿Conoce el programa de Agua Potable y Saneamiento Rural del FISE?a)

Si\_\_\_\_ b) No\_\_\_\_ c) Poco\_\_\_\_

28. ¿Le gustaría tener el servicio de agua potable en su hogar?

a) Si\_\_\_\_ b) No\_\_\_\_ ¿Por

qué?\_\_\_\_\_

29. ¿Cuánto estaría dispuesto/a en pagar por este servicio? (marcar una)

a) C\$ 20 a 35\_\_\_\_ b) C\$ 36 a 50\_\_\_\_ c) C\$ 51 a más\_\_\_\_

d) No estaría dispuesto/a\_\_\_\_ ¿Por

qué?\_\_\_\_\_

## VI. Organización comunitaria

30. ¿Los miembros de este hogar pertenecen a alguna organización?

Si \_\_\_\_ ¿Qué tipo? a) Productiva \_\_\_\_ b) Social \_\_\_\_ c) Religiosa \_\_\_\_ d) Otra \_\_\_\_

No \_\_\_\_ ¿Por

qué? \_\_\_\_\_

31. ¿Cuántos miembros del hogar participan en la organización comunitaria?

Hombres \_\_\_\_ Mujeres \_\_\_\_ Total \_\_\_\_

32. ¿Las personas de este hogar participarían de forma organizada, en la construcción de un proyecto de saneamiento y agua potable para su comunidad?

a) Si \_\_\_\_ b) No \_\_\_\_ ¿Por

qué? \_\_\_\_\_

## VII. Situación de salud en la vivienda

Enfermedades padecidas por los miembros del hogar durante el pasado año (cuántos)

Enfermedades	Grupos de edad				Observaciones
	-5	6-15	16-25	+26	
Diarrea					
Tos					
Resfriados					
Malaria					
Dengue					
Parasitosis					
Infección renal					
Tifoidea					
Hepatitis					
Infecciones dérmicas (piel)					
Otras					

33. ¿Están vacunados los niños y niñas? a) Si \_\_\_\_ b) No \_\_\_\_ ¿Por qué?

\_\_\_\_\_

34. Las personas que habitan en esta vivienda practican hábitos de higiene como:

Lavado de manos a) Si \_\_\_\_ b) No \_\_\_\_ ¿Por qué? \_\_\_\_\_

Hacer buen uso del agua a) Si \_\_\_\_ b) No \_\_\_\_ ¿Por qué? \_\_\_\_\_

Hacer buen uso de la letrina a) Si \_\_\_\_ b) No \_\_\_\_ ¿Por qué? \_\_\_\_\_

35. ¿Cuántos niños y niñas nacieron y/o fallecieron en este hogar, durante el año pasado?

Vivos/as: Niñas \_\_\_\_ Niños \_\_\_\_ Total \_\_\_\_

Fallecidos/as: Niñas \_\_\_\_ Niños \_\_\_\_ Total \_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Nombre del encuestador (a)

\_\_\_\_\_  
Fecha

**Apéndice B - Evidencia del cronograma de trabajo**

**Figura 1. Entrada principal a la comunidad**



**Figura 2. Reconocimiento de la localidad**



**Figura 3. Levantamiento de encuestas**



**Figura 4.** Realizando la retención de la fuente para aforar



**Figura 5.** Aforo de la fuente



**Figura 6.** Aforo de la fuente



# Apéndice C - Pruebas de calidad del agua cruda



**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua**  
**Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua**

Hospital María España 300 m al norte, Teléfonos (505) 2278 6881, 2278 6787, 2278 6882  
Telefax (505) 2287 8158, apartado postal 4558, correo: ventas.servicios@ira.una.edu.ni

**CLIENTE**

**SR. BOLIVAR MONTENEGRO**  
Jalapa, Nueva Segovia  
Tel. 6860 5345

---

**CLIENTE**

**MINISTERIO DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACION PROPOSIICIONADA POR EL CLIENTE  
UBIQUIDAD Y/O COMUNIDAD  
MADRUGA, DEPARTAMENTO  
CONDOMINIO  
ELEVACION  
FECHA DE MUESTREO  
HORA DE MUESTREO  
CÓDIGO DEL LABORATORIO  
FECHA DE RECEPCION  
FECHA DE FIN DE ANALISIS  
FECHA DEL REPORTE

**AGUA NATURAL**

Maneja  
Sra. Cruz  
Jalapa, Nueva Segovia  
193842 N. 801307 O  
515 manm  
2021-12-13  
07 h 00

AN-0276  
2021-12-13  
2021-12-13

**Resultados Analíticos Físico Químicos**

Parámetro	Medida	Limite y/o Rango de Detección	Resultados	U <sup>1</sup>	Unidades	Valores máximos admisibles
pH A 25.0°C	7.10	6.00 a 9.00	7.35	± 0.02	U <sup>1</sup>	6.5 a 8.5 Unidades de pH
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA A 25.0 °C	250.0 μS/cm	1.5 a 100 000.00	220.20	± 5.90	μS/cm	Sin referencia
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	1000 mg/l		143.46		mg/l	1000.00 mg/l
COLOR VERDADERO	2700.0 PCU	5.0 -100.0	15.0	± 0.36	mg/l P-Co	150 mg/l P-Co
CALCIO	3000.0 mg/l	0.07	26.40	± 0.31	mg/l	500.00 mg/l
MAGNESIO	3500.0 mg/l	0.15	9.82		mg/l	200.00 mg/l
SODIO	3500.0 mg/l	0.17	1.90	± 0.21	mg/l	600.00 mg/l
POTASIO	3500.0 mg/l	0.25	4.55		mg/l	250.00 mg/l
CLORURO	4110.0 mg/l	0.25	0.25		mg/l	50.00 mg/l
NITRATO	4110.0 mg/l	0.25	1.16		mg/l	250.00 mg/l
SULFATO	2200.0 mg/l	2.00	< 2.00		mg/l	50.00 mg/l
CARBONATO	2200.0 mg/l	0.75	135.46		mg/l	2700 mg/l
BICARBONATO	2200.0 mg/l	0.11	105.50		mg/l	2354 mg/l
DUREZA TOTAL/Dura Calcio	2200.0 mg/l	0.82	111.00		mg/l	2700 mg/l
ALCALINIDAD TOTAL AL PERIODO ALMA	2200.0 mg/l	1.87	< 1.87		mg/l	Sin referencia
NITRITO	4500.0 mg/l	0.007	0.009		mg/l	0.10 a 3.00 mg/l
HIERRO TOTAL	3500.0 mg/l	0.01	1.26	± 0.03	mg/l	0.30 mg/l
FLUORURO	4110.0 mg/l	0.25	< 0.25		mg/l	0.7 - 1.5 mg/l

**Observación:**  
La toma de la muestra se realizó en campo.

**Temperatura:** 23 °C

**Fecha de campo:** 2021-12-13

**Si se toma el valor de 3.00 mg/l debe multiplicarse al final y al inicio por fórmula**

LC María Virginia Ruiz

MSc. Zaira Macías Vázquez

Si se toma el valor de 3.00 mg/l debe multiplicarse al inicio y al final por fórmula

2021-AN-0276

**DECLARACION DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALITICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS**

En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001 05), el Laboratorio de Aguas Naturales haee constar que la muestra codificada como AN-0276 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la Información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Aguas Naturales".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros (los mantendrá la Institución por un tiempo de 5 años).

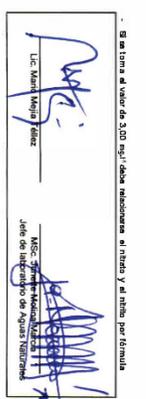



Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CIRALUNAM-Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del Cliente.

Managua, al los veintiocho días del mes de diciembre del año dos mil veintuno.



**AREA TECNICA, ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD**



**AREA TECNICA, ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD**

Página 1 de 1



**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua**  
**Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua**

Caracas, Estado Nueva Esparta, Venezuela  
 Teléfono: (565) 2287 2160, extensión postal 4508, correo: ventas.servicios@dira.unan.edu.ni  
 Teléfax: (565) 2287 2160, extensión postal 4508, correo: ventas.servicios@dira.unan.edu.ni



**Resultados Analíticos de Microbiología**

**CLIENTE**  
**SE POLIVAR MONTENEGRO**  
 Jibón, Nueva Segovia  
 Tel: 8480 5348

**MANTO DE LA MUESTRA**  
**FUENTE**  
**IDENTIFICACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE**  
**SECTOR**  
**INDICADOR DE CONTAMINACIÓN**  
**PROCESAMIENTO**  
**ELABORACIÓN**  
**FECHA DE MUESTREO**  
**UBICACIÓN DEL LABORATORIO**  
**FECHA DE RECEPCIÓN**  
**FECHA DE INICIO DEL ANÁLISIS**  
**FECHA DEL REPORTE**

**AGUA NATURAL**  
**Muestra**  
**Serie Cuz**  
**Indicador de Contaminación**  
**1383622 N 803907 0**  
**515 ml/min**  
**07/1/00**  
**MB-1874**  
**2021-12-13**  
**2021-12-17**  
**2021-12-28**

Parámetros	Método	Límite de Detección	Resultados	Unidades	Valores Recomendados OMS 7	Valor Global WHO
* COLIFORMES TOTALES	1221.81	<1.8	2.20E+02	NMP/100 ml	Negativo	No Detectado en 100 ml
* Escherichia coli	1221.81	<1.8	1.10E+02	NMP/100 ml	Negativo	No Detectado en 100 ml

Fecha de entrega suministrada por el cliente  
 Temperatura: 23.5 °C



**Ensayos Acreditados**  
 OMA  
 Organismo Nicaragüense de Acreditación  
 Calle 10, Ciudad Nueva Segovia, Nicaragua  
 Teléfono: (504) 2287 2160, extensión postal 4508, correo: ventas.servicios@dira.unan.edu.ni

*[Signature]*  
 Lic. Estelita Virellaga Rojas, Crea  
 Lic. Lidia Virellaga Rojas, Crea  
 Lic. Lidia Virellaga Rojas, Crea  
 Lic. Lidia Virellaga Rojas, Crea

**DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS**

2021-AMB-1874

En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense NTN 04 001 05), el Laboratorio Microbiología hace constar que la muestra codificada con el N° MB-1874 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la Información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Microbiología".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente a estos registros por mantenerá la Institución por un tiempo de 5 años. X

*[Signature]*  
**ÁREA ANALÍTICA**  
**ÁREA ANALÍTICA**  
**CIRA/UNAN**  
**CIRA/UNAN**

Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CIRA/UNAN-Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del Cliente.

Managua, al los veintinueve días del mes de diciembre del año dos mil veintiuno.

*[Signature]*  
**ÁREA TÉCNICA, ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD DE CALIDAD**  
**ÁREA TÉCNICA, ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD DE CALIDAD**  
**CIRA/UNAN**  
**CIRA/UNAN**



**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua**  
**Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua**  
 Hospital Monte España 300 m al norte, Teléfono: (505) 2278 6981, 2278 6787, 2278 6982  
 Telefax: (505) 2287 8189, apartado postal 4598, correo: ventas.servicio@crira.unan.edu.ni



2021-CM-055

**CLIENTE**

**SR. BOLIVAR MONTENEGRO**  
 Jalapa, Nueva Segovia  
 Tel: 8400 2248

**Resultados Analíticos de Muestras Pasadas**

<b>IDENTIFICACION PROPECIONARIA, POR EL CLIENTE</b>	<b>AGUA NATURAL</b>
<b>USUARIO COMPLETO</b>	<b>MATERIAL</b>
<b>MUNICIPIO, DEPARTAMENTO</b>	<b>GRUPO</b>
<b>COORDINADAS</b>	<b>SERIE OZU</b>
<b>RESERVA</b>	<b>JALAPA, NUEVA SEGOVIA</b>
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	<b>13/04/21 N. 801207 O</b>
<b>NOM DE MUESTREO</b>	<b>315 mama</b>
<b>ODORO DEL LABORATORIO</b>	<b>2021-12-13</b>
<b>FECHA DE RECEPCION</b>	<b>2021-12-13</b>
<b>FECHA DE INICIO DEL ANALISIS</b>	<b>2021-12-15</b>
<b>FECHA DEL REPORTE</b>	<b>2021-12-27</b>

Parámetro	Método	Unidad de Detección	Resultados	Unidades	Valores máximos admisibles
ASBENCOTOTAL	E. HOMOGENEO, 19647	CM8	<0.89	1827	1000 µg/l

**Datos de campo suministrados por el cliente:**  
 Temperatura: 23 °C

**Observación:**  
 La forma de la muestra se copió del manual.

**Referencias:**  
 1- Pomeroy, 1984. Operación Manual VQA-708, VASQUA.  
 Organización Mundial de la Salud, 2006. Guía para la calidad del agua potable. Primer Apéndice a la 3. Ed. Volumen I, Ginebra.

  
 LEYDIA VARELA Rojas Cerda  
 867. Asesoría Ambiental Estación  
 1er. Lab. Contaminantes Metálicos

**DECLARACION DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALITICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS**

En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04-001 05), el Laboratorio de Aguas Naturales hace constar que la muestra codificada como CM-055 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la Información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Contaminantes Metálicos".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendrá la Institución por un tiempo de 5 años.

  
**AREA ANALITICA AREA ANALITICA**  
**CRIRA/UNAN**

Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CIRA/UNAN-Mangua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del Cliente.

Mangua, a los veintisiete días del mes de diciembre del año dos mil veintiuno.

  
**AREA TECNICA, ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD**  
**CRIRA/UNAN**

## Apéndice D - Consolidado del levantamiento topográfico

CUADRO DE CONSTRUCCION						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	C O O R D E N A D A S	
EST	PV				Y	X
				0	1,507,629.3643	678,386.7783
0	1	S 36°03'33.50" W	19.524	1	1,507,613.5813	678,375.2863
1	2	S 36°57'42.96" W	41.087	2	1,507,580.7513	678,350.5813
2	3	S 00°35'21.12" W	53.874	3	1,507,526.8803	678,350.0273
3	4	S 12°51'22.45" E	116.006	4	1,507,413.7823	678,375.8393
4	5	S 06°01'26.51" W	115.974	5	1,507,298.4483	678,363.6683
5	6	S 23°57'12.21" W	69.713	6	1,507,234.7393	678,335.3653
8	7	S 00°47'28.86" W	170.923	7	1,507,063.8323	678,333.0063
7	8	S 01°16'13.46" E	32.024	8	1,507,031.8163	678,333.7163
8	9	S 17°19'13.19" W	97.587	9	1,506,938.6543	678,304.6633
9	10	S 18°32'13.09" W	61.910	10	1,506,879.9563	678,284.9811
10	11	S 07°32'13.17" W	48.270	11	1,506,832.1033	678,278.6497
11	12	S 06°13'23.03" E	80.020	12	1,506,752.5551	678,287.3238
12	13	S 18°55'47.34" E	66.720	13	1,506,689.4433	678,308.9685
13	14	S 04°49'48.06" E	81.170	14	1,506,608.5816	678,315.8030
14	15	S 00°39'35.94" W	39.180	15	1,506,569.3842	678,315.3517
15	16	S 01°13'48.00" E	69.240	16	1,506,500.1601	678,316.8380
16	17	S 05°20'23.73" W	73.010	17	1,506,427.4673	678,310.0434
17	18	S 01°10'12.05" E	60.000	18	1,506,367.4797	678,311.2686
18	19	S 20°00'00.77" E	82.940	19	1,506,289.5420	678,339.6359
19	20	S 79°31'46.33" W	41.460	20	1,506,282.0075	678,298.8661
20	21	S 66°00'35.77" W	32.870	21	1,506,268.6433	678,268.8356
21	22	S 79°15'36.10" W	85.660	22	1,506,252.6804	678,184.6762
22	23	N 51°12'24.91" W	56.990	23	1,506,288.3852	678,140.2574
23	24	N 32°08'01.90" W	34.390	24	1,506,317.5069	678,121.9654
24	25	N 65°35'38.21" W	116.000	25	1,506,365.4382	678,016.3311
25	26	N 53°17'38.26" W	41.170	26	1,506,390.0459	677,983.3246
26	27	N 46°11'37.86" W	69.760	27	1,506,438.3352	677,932.9798
27	28	N 11°47'38.50" W	34.660	28	1,506,472.2635	677,925.8955
28	29	N 42°26'38.16" W	54.990	29	1,506,512.8427	677,888.7845
29	30	N 39°00'50.14" W	118.980	30	1,506,605.2893	677,813.8855
30	31	N 52°30'15.00" W	27.780	31	1,506,622.1991	677,791.8449
31	32	N 61°22'28.51" W	58.990	32	1,506,650.4606	677,740.0855
32	33	N 56°55'25.73" W	88.180	33	1,506,698.5852	677,666.1754
33	34	N 64°44'03.20" W	107.680	34	1,506,744.5449	677,568.7964
34	35	N 83°42'14.34" W	42.440	35	1,506,749.1991	677,526.6123
35	36	N 83°24'50.58" W	107.680	36	1,506,761.5493	677,419.6429
36	37	N 81°20'39.13" W	19.890	37	1,506,764.5427	677,399.9795
37	38	S 88°48'21.43" W	127.240	38	1,506,761.8912	677,272.7671
38	39	N 56°11'01.97" W	18.910	39	1,506,772.4152	677,257.0561
39	40	N 55°56'38.36" W	37.150	40	1,506,793.2193	677,226.2777
40	41	N 59°28'26.70" W	50.150	41	1,506,818.6919	677,183.0785
41	42	N 52°05'02.62" W	80.820	42	1,506,868.3562	677,119.3185
42	43	N 74°41'02.54" W	65.050	43	1,506,885.5386	677,056.5789
43	44	N 72°23'38.66" W	107.510	44	1,506,918.0570	676,954.1047
44	45	S 77°00'57.41" W	80.970	45	1,506,899.8647	676,875.2050
45	46	S 60°26'20.37" W	49.990	46	1,506,875.2021	676,831.7221
46	47	S 88°49'44.20" W	33.610	47	1,506,874.5152	676,798.1191
47	48	N 77°53'27.78" W	233.980	48	1,506,923.5975	676,569.3450
48	49	N 36°45'39.62" W	57.290	49	1,506,969.4947	676,535.0582

CUADRO DE CONSTRUCCION

LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	C O O R D E N A D A S	
EST	PV				Y	X
				51	1,506,969.4947	676,535.0582
51	52	S 76°20'56.28" W	122.690	52	1,506,940.5389	676,415.8340
52	53	N 83°06'03.73" W	32.790	53	1,506,944.4776	676,383.2814
53	54	N 03°54'28.78" W	71.960	54	1,507,016.2703	676,378.3770
54	55	N 07°24'29.22" W	40.790	55	1,507,056.7198	676,373.1177
55	56	N 71°07'05.22" W	41.290	56	1,507,070.0820	676,334.0496
56	57	N 37°51'28.34" W	39.000	57	1,507,100.8739	676,310.1151
57	58	N 33°32'06.17" W	74.750	58	1,507,163.1816	676,268.8197
58	59	N 19°05'06.27" W	54.480	59	1,507,214.6670	676,251.0063
59	60	N 70°37'55.17" W	44.540	60	1,507,229.4380	676,208.9869
60	61	N 58°10'55.41" W	173.720	61	1,507,321.0270	676,061.3722
61	62	N 71°47'31.04" W	25.760	62	1,507,329.0762	676,036.9020
62	63	S 87°47'16.55" W	98.240	63	1,507,325.2843	675,938.7352
63	64	N 50°48'07.30" W	59.190	64	1,507,362.6925	675,892.8649
64	65	N 73°22'19.29" W	83.980	65	1,507,386.7239	675,812.3967
65	66	N 64°19'19.51" W	54.840	66	1,507,410.4867	675,762.9725
66	67	N 56°45'43.41" W	134.000	67	1,507,483.9344	675,650.8947
67	68	N 41°24'43.17" W	58.080	68	1,507,527.4928	675,612.4766
68	69	S 88°01'04.58" W	140.540	69	1,507,522.6320	675,472.0206
69	70	S 66°32'52.75" W	39.810	70	1,507,506.7884	675,435.4992
70	71	S 86°48'28.64" W	125.570	71	1,507,499.7963	675,310.1240
71	72	S 87°19'40.95" W	30.540	72	1,507,498.3726	675,279.6172

## Apéndice E - Especificaciones de tuberías de PVC (Amanco Wavin, 2021)

# ESPECIFICACIONES

ASTM D - 2241 (IPS) - (PVC1120)

DIÁMETRO NOMINAL		SDR	PRESIÓN TRABAJO		LARGO EN METROS	DIÁM. MEDIO EXTERIOR		ESPESOR MÍN. DE PARED		DIÁM. MEDIO INTERIOR		PRESIÓN RUPTURA		PESO APRÓX P/TUBO
MM	PLG		LBS/PLG <sup>2</sup>	KG/CM <sup>2</sup>		MM	PLG	MM	PLG	MM	PLG	KG/CM <sup>2</sup>	LBS/PLG <sup>2</sup>	KG
12	1/2	13.5	315	22.1	6	21.34	0.840	1.57	0.062	18.20	0.716	70.3	1000	0.874
18	3/4	17	250	17.6	6	26.67	1.050	1.57	0.062	23.53	0.926	56.2	800	1.111
25	1	17	250	17.6	6	33.40	1.315	1.96	0.077	29.48	1.161	56.2	800	1.744
31	1 1/4	17	250	17.6	6	42.16	1.660	2.49	0.098	37.18	1.464	56.2	800	2.793
38	1 1/2	17	250	17.6	6	48.26	1.900	2.84	0.112	42.58	1.676	56.2	800	3.646
50	2	17	250	17.6	6	60.33	2.375	3.56	0.140	53.21	2.095	56.2	800	5.707
62	2 1/2	17	250	17.6	6	73.03	2.875	4.29	0.169	64.45	2.537	56.2	800	8.340
75	3	17	250	17.6	6	88.90	3.500	5.23	0.206	78.44	3.088	56.2	800	12.361
100	4	17	250	17.6	6	114.30	4.500	6.73	0.265	100.84	3.970	56.2	800	20.453
150	6	17	250	17.6	6	168.28	6.625	9.91	0.390	148.46	5.845	56.2	800	44.344
200	8	17	250	17.6	6	219.08	8.625	12.9	0.508	193.28	7.609	56.2	800	75.159
250	10	17	250	17.6	6	273.05	10.750	16.05	0.632	240.95	9.480	56.2	800	118.323
300	12	17	250	17.6	6	323.85	12.750	19.05	0.750	285.75	11.25	56.2	800	166.564
25	1	26	180	11.2	6	33.40	1.315	1.52	0.060	30.36	1.195	35.2	500	1.370
31	1 1/4	26	180	11.2	6	42.16	1.660	1.82	0.064	38.92	1.532	35.2	500	1.872
38	1 1/2	26	180	11.2	6	48.26	1.900	1.85	0.073	44.56	1.754	35.2	500	2.429
50	2	26	180	11.2	6	60.33	2.375	2.31	0.091	55.71	2.193	35.2	500	3.796
62	2 1/2	26	180	11.2	6	73.03	2.875	2.79	0.110	67.45	2.655	35.2	500	5.552
75	3	26	180	11.2	6	88.90	3.500	3.43	0.135	82.04	3.230	35.2	500	8.307
100	4	26	180	11.2	6	114.30	4.500	4.39	0.173	105.52	4.154	35.2	500	13.647
150	6	26	180	11.2	6	168.28	6.625	6.48	0.255	155.32	6.115	35.2	500	29.681
200	8	26	180	11.2	6	219.08	8.625	8.43	0.332	202.22	7.961	35.2	500	50.285
250	10	26	180	11.2	6	273.05	10.750	10.49	0.413	252.07	9.924	35.2	500	77.962
300	12	26	180	11.2	6	323.85	12.750	12.45	0.490	298.95	11.770	35.2	500	109.758
385	15	26	180	11.2	6	388.62	15.300	14.95	0.588	358.75	14.124	35.2	500	157.960
31	1 1/4	32.5	125	8.8	6	42.16	1.660	1.52	0.060	39.12	1.540	28.1	400	1.760
38	1 1/2	32.5	125	8.8	6	48.26	1.900	1.52	0.060	45.21	1.780	28.1	400	2.010
50	2	32.5	125	8.8	6	60.33	2.375	1.85	0.073	56.62	2.229	28.1	400	3.062
62	2 1/2	32.5	125	8.8	6	73.03	2.875	2.24	0.088	68.55	2.699	28.1	400	4.482
75	3	32.5	125	8.8	6	88.90	3.500	2.74	0.108	83.41	3.284	28.1	400	6.676
100	4	32.5	125	8.8	6	114.30	4.500	3.51	0.138	107.29	4.224	28.1	400	11.011
150	6	32.5	125	8.8	6	168.28	6.625	5.18	0.204	157.91	6.217	28.1	400	23.922
200	8	32.5	125	8.8	6	219.08	8.625	6.73	0.265	205.61	8.095	28.1	400	40.450
250	10	32.5	125	8.8	6	273.05	10.750	8.41	0.331	256.24	10.088	28.1	400	62.994
300	12	32.5	125	8.8	6	323.85	12.750	9.96	0.392	303.94	11.966	28.1	400	88.553
31	1 1/4	41	100	7.0	6	42.16	1.660	1.24	0.049	39.67	1.592	22.1	315	1.450
38	1 1/2	41	100	7.0	6	48.26	1.900	1.24	0.049	45.77	1.802	22.1	315	1.666
50	2	41	100	7.0	6	60.33	2.375	1.47	0.058	57.38	2.259	22.1	315	2.532
62	2 1/2	41	100	7.0	6	73.03	2.875	1.78	0.070	69.47	2.735	22.1	315	3.600
75	3	41	100	7.0	6	88.90	3.500	2.16	0.085	84.58	3.330	22.1	315	5.309
100	4	41	100	7.0	6	114.30	4.500	2.79	0.110	108.71	4.280	22.1	315	8.821
150	6	41	100	7.0	6	168.28	6.625	4.11	0.162	160.05	6.301	22.1	315	19.130
200	8	41	100	7.0	6	219.08	8.625	5.33	0.210	208.41	8.205	22.1	315	32.277
250	10	41	100	7.0	6	273.05	10.750	6.65	0.262	259.74	10.226	22.1	315	50.195
300	12	41	100	7.0	6	323.85	12.750	7.9	0.311	308.05	12.128	22.1	315	71.739

**Apéndice F - Consolidado de simulación del cloro residual en la red**

ID Nudo	Tiempo (hr) - Cloro residual (mg/L)											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	16	24	
N-1	0	0.58	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-2	0	0.58	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-3	0	0.58	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-4	0	0.58	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-5	0	0.58	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-6	0	0.58	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-7	0	0.54	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-8	0	0.19	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-9	0	0.1	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-10	0	0	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-11	0	0	0	0	0	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-12	0	0.01	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-13	0	0.01	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-14	0	0	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-15	0	0	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-16	0	0	0.26	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-17	0	0	0	0.44	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-18	0	0	0	0	0	0	0.46	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-19	0	0	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-20	0	0	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-21	0	0	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-22	0	0	0	0	0.01	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-23	0	0	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-24	0	0	0.47	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-25	0	0	0.09	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-26	0	0	0	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-27	0	0	0	0.05	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-28	0	0	0	0	0.01	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-29	0	0	0	0	0	0	0	0.06	0.43	0.31	0.22	
N-30	0	0	0	0.03	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	
N-31	0	0	0	0	0	0	0	0.14	0.45	0.43	0.31	0.22
Tanque	0.6	0.58	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.31	0.22	

## **Apéndice G** - Planos del sistema de abastecimiento de agua potable