



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

**Monografía**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
MEDIANTE UN MINICUEDUCTO POR GRAVEDAD EN LA COMUNIDAD DE  
LAGARTILLO, MUNICIPIO DE ACHUAPA, LEÓN, 2018**

Para optar al título de Ingeniero Civil

**Elaborado por**

Br. Harvin Asdrual Cerros Gutiérrez

Br. Xavier Amaru Valle Leiva

**Tutor**

MSc. Ing. José Ángel Baltodano Maldonado

**Asesor**

MSc. Ing. Henry Javier Vílchez

Managua, marzo 2019

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El presente informe trata de brindar de forma concisa, la descripción del proyecto de diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable mediante un mini acueducto por gravedad en la comunidad de Lagartillo. Se realizó una encuesta socioeconómica que cubrió el 100% de 55 viviendas habitadas en la comunidad de Lagartillo, la cual nos proporcionó datos censales de la comunidad y demás aspectos sociales y económicos de las familias a beneficiar.

El censo y la encuesta son la base principal para hacer el diseño de un mini acueducto por gravedad en la comunidad de Lagartillo, para un periodo de diseño de 20 años.

El Lagartillo, es una comunidad rural, por tal motivo las viviendas que se alojan en este territorio se encuentran a mucha distancia, esto permitió que se trabajara como una red abierta o ramificada. Se trabajó con un total de 53 nodos, distribuidos a lo largo de la comunidad, con el objetivo primordial de satisfacer al 100% de la población en estudio.

Se construirá obra de captación en la fuente de agua, la que contará de tres partes: la primera, corresponde a la protección del afloramiento; la segunda, a una cámara húmeda que sirve para regular el gasto a utilizarse; y la tercera a una cámara seca que servirá para proteger la válvula de control.

El sistema de tubería está dividido de la siguiente manera: la línea de conducción por gravedad tiene 323.97 m de tubería PVC SDR-26 con diámetro de 2". En esta línea que conduce el agua desde la fuente al tanque no se instalarán pilas rompe presión, debido a que esta no pasa del máximo permisible establecido en las Normas de Diseño de Abastecimiento de Agua potable en las zonas rurales.

La red de distribución que parte del tanque tiene una longitud de 1,507.72 m conformado por tubería PVC con diámetros de 50 mm. Según las normas rurales, en los últimos nodos de la red, existen presiones que casi se acercan al máximo permitido; sin embargo, no se estima conveniente instalar pilas rompe presión debido a que los valores no sobrepasan los 50 m.

Se instalarán tres válvulas de aire y una de limpieza, estas están señaladas en los planos de diseño que se encuentran en los anexos de este documento.

El diseño hidráulico de la red se realizó en el software de análisis y modelación hidráulica EPANET bajo las condiciones de consumo máxima hora en la red y consumo máximo día en la red.

El nivel de servicio será por medio de conexiones domiciliarias que serán instaladas hasta el límite de la propiedad, de las cuales se proponen realizar un total de 55 tomas.

El costo total del proyecto es de C\$ 825,599.94 córdobas, equivalentes a \$ 25,325.15 dólares americanos, con una tasa de cambio oficial de 32.6 córdobas por un dólar, a la fecha del diciembre de 2018.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>CAPITULO I GENERALIDADES .....</b>	<b>11</b>
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 ANTECEDENTES .....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	5
1.4 OBJETIVOS .....	6
1.4.1 Objetivo general .....	6
1.4.2 Objetivos específicos .....	6
1.5 Información general del área de estudio .....	7
1.5.1 Datos generales del municipio .....	7
<b>CAPITULO II      MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
2.1 Mini Acueducto por Gravedad (MAG) .....	10
2.2 Fuente de abastecimiento .....	10
2.3 Tipos de fuentes .....	10
2.4 Manantiales .....	11
2.5 Estudio de la fuente .....	12
2.6 Parámetros de calidad del agua .....	12
2.7 Clasificación de los recursos hídricos de acuerdo con sus usos .....	15
2.8 Obra de captación .....	16
2.9 Captación de aguas subterráneas .....	17
2.10 Población por servir .....	17
2.11 Consumo de agua .....	17
2.12 Dotación .....	18
2.13 Periodo de diseño .....	18
2.14 Presiones .....	18

2.15	Altura Dinámica Total (ADT) .....	18
2.16	Línea de conducción.....	19
2.17	Línea de conducción por gravedad.....	19
2.18	Sobrepresión por golpe de ariete.....	20
2.19	Almacenamiento .....	20
2.19.1	Tanque sobre el suelo.....	21
2.20	Características del agua .....	21
2.20.1	Características físicas .....	21
2.20.2	Características químicas .....	22
2.20.3	Características microbiológicas.....	24
2.21	Tratamiento de agua.....	24
2.21.1	Desinfección.....	24
2.22	Red de distribución .....	25
2.22.1	Tipos de redes.....	26
2.22.2	Tipos ramificados .....	26
2.22.3	Tipos mallados .....	26
2.22.4	Tomas domiciliarias .....	26
2.23	Accesorios .....	26
2.24	Accesorios y dispositivos especiales .....	27
2.25	Válvulas .....	27
2.25.1	Válvula de aire.....	27
2.25.2	Válvula de limpieza .....	28
2.25.3	Válvula reguladora de presión.....	28
2.26	Tee.....	28
2.27	Reducciones .....	29

2.28.1 Dosificador de cloro.....	29
2.29 Criterios de diseño .....	29
2.29.1 Proyección de la población .....	29
2.29.2 Cálculo de la población .....	30
2.29.3 Población a servir.....	31
2.29.4 Proyección de consumo.....	31
Dotación .....	31
2.29.5 Nivel de servicio.....	31
Conexiones domiciliarias .....	31
2.29.6 Descripción del sistema propuesto .....	31
2.30 Parámetros de diseño.....	32
2.30.1 Periodos de diseño.....	32
2.30.2 Variaciones de consumo .....	32
2.30.3 Presiones máximas y mínimas.....	32
2.30.4 Coeficientes de rugosidad de Hazen Willians .....	33
2.30.5 Velocidades permisibles en tuberías.....	33
2.30.6 Cobertura de tuberías .....	33
2.30.7 Pérdidas de agua en el sistema .....	33
2.31 Obra de captación (Manantial de ladera y concentrado) .....	34
2.31.1 Diseño hidráulico y dimensionamiento .....	34
2.31.2 Línea de conducción por gravedad .....	36
2.31.3 Red de distribución.....	37
2.31.4 Selección de clase de tubería a emplear .....	38
2.31.5 Diámetros.....	38
2.31.6 Tanque de almacenamiento .....	39

<b>CAPITULO III</b>	<b>DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>	<b>40</b>
3.1	Tipo de investigación .....	41
3.2	Fuentes de la recolección de datos .....	41
3.3	Actividades que involucra todo el diseño .....	43
3.3.1	Encuesta socioeconómica.....	43
3.3.2	Levantamientos topográficos .....	43
3.3.3	Dotación .....	43
3.3.4	Población a Servir .....	44
3.3.5	Aforos y análisis de calidad de agua de la fuente .....	44
3.4	Parámetros de calidad de agua .....	44
3.5	Clasificación de los recursos hídricos de acuerdo con su uso.....	44
3.6	Dimensionamiento del depósito de captación.....	45
3.7	Dimensionamiento de la línea de conducción.....	45
3.8	Pérdidas de agua en el sistema.....	45
3.9	Gradiente hidráulico.....	46
3.10	Presión residual .....	46
3.11	Dimensionamiento del tanque de almacenamiento .....	46
3.12	Diseño de red de distribución .....	46
3.13	Tipo de red.....	47
3.14	Demandas nodales.....	47
3.15	Introducción y procesamiento de datos .....	47
3.16	Presupuesto de la obra.....	48
<b>CAPITULO IV</b>	<b>.....</b>	<b>49</b>
<b>CÁLCULOS Y RESULTADOS</b>	<b>.....</b>	<b>49</b>
4.1	Análisis de la encuesta socioeconómica.....	50

4.1.1 Población .....	50
4.1.2 Distribución de población por sexo.....	50
4.1.3 Educación .....	51
4.1.4 Tenencia de la propiedad.....	52
4.1.5 Confinamiento de ambientes.....	53
4.1.6 Materiales de los pisos.....	54
4.1.7 Material de los techos .....	54
4.1.8 Estado de la vivienda .....	55
4.1.9 Situación económica de la familia .....	55
4.1.10 Trabajo que realizan los habitantes.....	56
4.1.11 Saneamiento e higiene ambiental de la vivienda .....	57
4.1.12 Estado de las letrinas .....	57
4.1.13 Disposición final de las aguas grises.....	57
4.1.14 Recursos y servicios de agua .....	58
4.1.15 Acarreo del agua de los pozos comunales y del manantial.....	58
4.1.16 Costo que estaría dispuesto a pagar.....	59
4.2 Estudio de la fuente .....	59
4.2.1 Resultados de parámetros bacteriológicos .....	59
4.2.2 Resultados de parámetros organolépticos .....	59
4.2.3 Resultados de parámetros físicos- químicos.....	60
4.2.4 Resultados de parámetros para sustancias no deseadas.....	60
4.3 Estimación de población .....	60
4.3.1 Razón de crecimiento.....	60
4.3.2 Proyección de la población .....	61
4.4 Proyección de consumo.....	62

4.5 Caudales de diseño .....	62
4.6 Población servida .....	63
4.7 Fuente de abastecimiento y captación.....	65
4.7.1 Características de la fuente.....	65
4.7.2 Determinación de la capacidad de la fuente .....	65
4.7.3 Análisis de calidad de agua de la fuente río arriba.....	65
4.8 Obra de captación .....	66
4.9 Línea de conducción.....	67
4.10 Análisis hidráulico de la línea de conducción.....	67
4.11 Presiones en línea de conducción .....	67
4.11.1 Presiones en la línea de conducción.....	66
4.11.2 Presiones en la línea de distribución .....	66
4.12 Accesorios .....	69
4.13 Tanque de almacenamiento .....	69
4.14.1 Dimensiones del tanque:.....	69
4.15 Red de distribución .....	70
4.16 Presiones máximas y mínimas .....	70
4.17 Velocidades .....	70
4.18 Análisis con consumo máximo hora en la red.....	70
4.19 Nivel de servicio.....	75
4.20 Costo del proyecto .....	75
<b>CONCLUSIONES            Y        RECOMENDACIONES.....</b>	<b>76</b>
Conclusiones .....	77
Recomendaciones .....	78
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>79</b>

<b>ANEXOS .....</b>	<b>80</b>
Anexo 1.....	80
1.1 Macro localización.....	80
1.2 Micro localización .....	80
Anexo 2.....	81
2.1 Tabla Dotación de agua potable .....	81
2.2 Periodo de diseño .....	81
2.3 Coeficiente de Rugosidad .....	81
Anexo 3.....	82
3.1 Tabla Parámetros bacteriológicos .....	82
3.2 Parámetros Organolépticos.....	82
3.3 Parámetros Físicos-Químicos .....	82
3.4 Parámetros para sustancias no deseadas .....	83
3.5 Parámetros para sustancias inorgánicas de significado para la salud .....	83
Anexo 4.....	84
4.1 Análisis Fisicoquímico .....	84
4.2 Análisis microbiológico .....	84
Anexo 5: Resultados en EPANET .....	86
5.1 Tablas de informe de presión en nodos de la red. ....	86
5.2 Tablas de informe de velocidad en los tramos de la red. ....	87
Anexo 6.....	89
6.1 Planos constructivos .....	89

# **CAPITULO I**

# **GENERALIDADES**

## 1.1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la OMS (2012), el acceso al agua potable es una necesidad fundamental y quizás una de las más importantes que requiere toda población, el abastecimiento y condición del recurso determina directamente el tipo y calidad de vida de la población.

Nicaragua, es un país rico en recursos naturales. La población obtiene el agua que consume de fuentes tales como ríos, arroyos y acuíferos del subsuelo. Estos cuerpos de agua se recargan de forma natural en la época de invierno.

En tiempos actuales, Nicaragua enfrenta un grave problema de suministro y calidad de agua, y parte de estos problemas se solucionan con la construcción de infraestructura hidráulicas, que permiten satisfacer eficientemente a los diferentes sectores de la población.

Por otra parte, uno de los principales problemas que afectan a la zona rural de la ciudad de Achuapa según informe presentado por Alcaldía Municipal (2015), es una cobertura limitada, esta problemática se debe a que las políticas sectoriales del país no toman en cuenta los potenciales impactos de la variabilidad y del cambio climático sobre la disponibilidad y calidad del recurso hídrico.

Así mismo las comunidades están siendo afectadas por la deficiente calidad y cantidad del agua con que se cuenta, a sabiendas de que es necesario tener este líquido en cantidades suficientes y de calidad adecuada como condición indispensable para mejorar el nivel de vida de las familias y aspirar al desarrollo, evitando a sus pobladores enfermedades de origen hídrico a través de una infraestructura hidráulica que permita satisfacer eficientemente el servicio de agua potable a los diferentes sectores de la población y con sistemas capaces de funcionar de manera eficiente conduciendo el vital líquido a los usuarios en

calidad, cantidad y continuidad de acuerdo a las necesidades con la que la población lo demande.

Sin embargo, en la comunidad de Lagartillo del municipio de Achuapa, departamento de León, por estar ubicado en una zona tropical seca, presenta dificultades en el acceso del agua de consumo humano, ya que las fuentes existentes son tres pozos perforados que datan de 1995 que no abastecen a toda la población y no cumplen con los requerimientos sanitarios establecidos en las normativas del país en materia de calidad y óptimo abastecimiento.

Hay que mencionar además que estos pozos de carácter artesanal no cumplen con las demandas de la comunidad, pues ésta ha experimentado un crecimiento demográfico, además que se presentan los efectos contaminantes, causados por las aguas residuales no tratadas y las escorrentías agrícolas.

Durante aproximadamente seis meses, se realizaron una serie de estudios topográficos y de calidad de agua en la comunidad de Lagartillo, en donde se pretende solucionar el problema de abastecimiento de agua. Luego de poner en práctica toda la metodología de estudio presentamos una propuesta para el diseño de un mini acueducto por gravedad en la comunidad de Lagartillo, del municipio de Achuapa, departamento de León, elevando así las condiciones de vida de dichos pobladores, brindando un servicio de agua más completo y reduciendo drásticamente el índice de enfermedades de origen hídrico, que aquejan a la población de esta comunidad.

## 1.2 ANTECEDENTES

Desde que se creó la comunidad de Lagartillo en el año 1984, no se cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable. Inicialmente los pobladores recorrían largas distancias para acarrear agua de algunos ríos cercanos.

Con el paso del tiempo y el desarrollo económico que han tenido algunas familias de esta comunidad producto del arduo trabajo de algunos familiares en el extranjero, pudieron construir tres pozos artesanales mediante los cuales se abastecen algunas de las familias cercanas y gran parte de esta agua ha sido utilizada para riego y demás actividades agrícolas. Para estos pobladores es difícil obtener un balde de agua, viven en situaciones críticas, lo que incrementa la vulnerabilidad ante enfermedades bacteriológicas debido al agua contaminada.

Esta comunidad albergaba una población aproximada de 147 habitantes, según el censo realizado en el año 2005, esta población ha venido aumentando poco a poco; todas estas personas obtienen el recurso hídrico de pozos artesanales y de las fuentes superficiales, viéndose los habitantes obligados a realizar tareas extras para poder tener el suministro en el interior de sus viviendas, por lo que es de suma importancia realizar un sistema de agua potable por gravedad.

Según el alcalde del municipio, Diego David Figueroa, existen estudios al agua de la comunidad, los cuales indican que la cantidad, calidad, profundidad y extensión de agua cumplen con los requerimientos para poder realizar una obra de abastecimiento; sin embargo, aún no hay planes por parte del gobierno municipal ni de otra institución interesados en llevar a cabo este proyecto.

La población se abastece de un manantial desprotegido. En algunos sectores se encuentran tres pozos excavados a manos, entre los que se encuentra un pozo comunal con bomba de mecate; sin embargo, debido a lo disperso de la población,

este tipo de obra no abastece adecuadamente a la población, ni llena las mínimas expectativas, para tener agua segura para el consumo humano.

En esta comunidad se encuentra una escuela multigrado y un puesto de salud en la misma situación; este último viéndose en la necesidad de trasladar agua de calidad desde zonas aledañas para atender a los pacientes de una forma limpia y de calidad.

El ingeniero Ervin Cerros de la alcaldía de este municipio indicó que esta comunidad cuenta con los recursos necesarios para poder implementar un sistema de agua de calidad; sin embargo, no existen estudios a la fuente con la que se cuenta en dicha comunidad que nos hagan saber si el agua es apta para el consumo humano, o esta tendrá que pasar por un tratamiento para poder ser utilizada por los habitantes de este sector.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

Los pobladores de la comunidad de Lagartillo del municipio de Achuapa, actualmente no cuentan con un sistema de agua potable adecuado, por lo que se abastecen de 3 pozos perforados. La población no es beneficiada en su totalidad porque los pozos no dan abasto a todas las familias de la comunidad, principalmente en época de verano; esto según normativas de INAA, cada pozo perforado según las Normas técnicas para el diseño de Abastecimiento y Potabilización del agua (NTON 09003-99), se pueden abastecer de 8 - 15 familias.

Con la materialización de proyecto, se estará reduciendo:

1. La incidencia de enfermedades infecto contagiosa que se presentan en la época de lluvias, tales como diarrea, dolores estomacales, parasitosis y hepatitis (presentes en un 35% de la población) y se estará disminuyendo de manera transversal el nivel de riesgo de estas enfermedades en la comunidad al contar con un sistema adecuado.
2. También con el proyecto contribuirá a que la población adquiera hábitos higiénicos a través de la educación ambiental que contribuyan a mantener su salud, el mantenimiento y operación del sistema garantizando su uso racional del recurso y protección de las fuentes de agua.
3. Se disminuirá el trabajo o desgaste físico que incurren los miembros de las familias y principalmente las mujeres, al transportar el agua desde los pozos hasta sus hogares.
4. Se mejorará grandemente el acceso al agua en cantidad y calidad, ya que la fuente cuenta con los parámetros de las pruebas de potabilización establecidos por las normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua. (NTON 09 001-99).

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo general**

- Diseñar sistema de abastecimiento de agua potable, para comunidad de Lagartillo, del municipio de Achuapa, departamento de León, para un periodo de 20 años.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Realizar un diagnóstico de la situación actual de la población de la comunidad Lagartillo a través de una encuesta socioeconómica.
- Analizar parámetros físicos – químico y bacteriológico de la fuente de abastecimiento que garantice un suministro de agua, apta para el consumo humano de acuerdo con 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 que se cumpla con lo indicado en las normas de diseño de abastecimiento.
- Realizar simulación hidráulica de la red de distribución y la línea de conducción tomando en cuenta el levantamiento topográfico, auxiliados con el programa EPANET.
- Elaborar planos de diseño y presupuesto de todo el sistema de abastecimiento que permita dar a conocer el costo total del proyecto para una futura ejecución de este.

## **1.5 Información general del área de estudio**

### **1.5.1 Datos generales del municipio**

La comunidad de Lagartillo se encuentra ubicada en el municipio de Achuapa; este pertenece político y administrativamente a la jurisdicción del departamento de León.

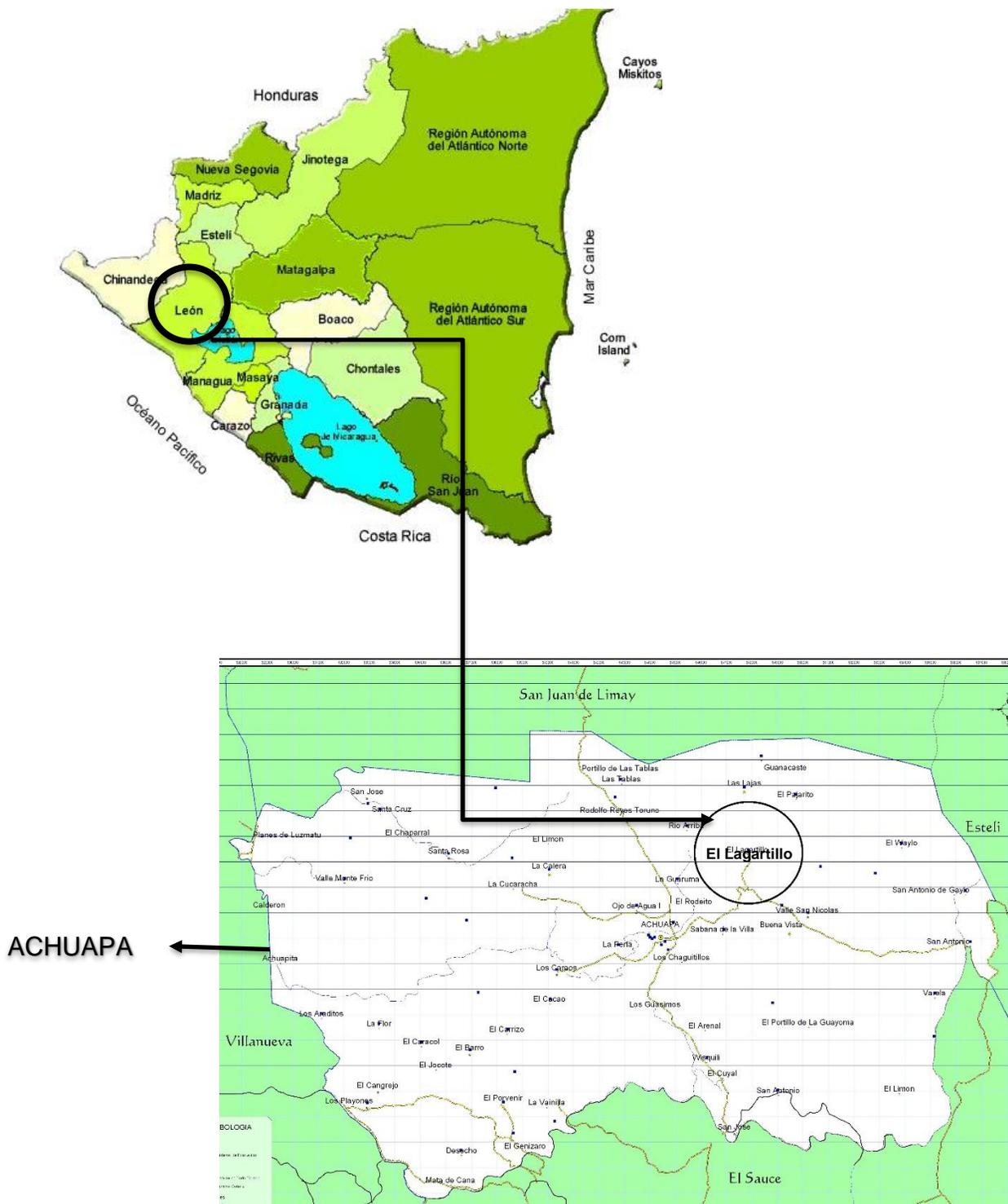
La cabecera municipal lleva el nombre de Achuapa y se ubica a 210 km de la ciudad de Managua, capital de Nicaragua. Sus principales actividades económicas son producción agropecuaria, con granos básicos no tradicional (ajonjolí), ganado mayor de doble propósito, y el comercio. El procesamiento de aceite de ajonjolí es otra actividad importante en el municipio cuya producción es para la exportación a Europa, esta actividad la realiza la tienda campesina a través de la cooperativa Juan Francisco Paz Silva.

Tiene una extensión territorial de 416 Km<sup>2</sup>, limita al norte con el municipio de San Juan de Limay, al sur con el municipio de El Sauce, al este con el departamento de Estelí y al oeste con Villanueva, municipio de Chinandega.

La comunidad de Lagartillo se localiza en las coordenadas 13.0833 Norte, 86.55 Oeste. Se encuentra a 7.2 km al noreste de la cabecera municipal de Achuapa, a la que está unida por medio de carretera de macadán, accesible en todo tiempo. Su altitud en la parte más alta es de 716 msnm, en la parte media es de 677 msnm y en la parte baja 620 msnm.

Limita al norte con la comunidad de Las Lajas, al sur con la comunidad Buena Vista, al este con la comunidad El Waylo, al oeste con la comunidad La Guaruma.

Figura 1. Plano de micro y macro localización del proyecto Diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable mediante un mini acueducto por gravedad en la comunidad de El Lagartillo.



# **CAPITULO II**

## **MARCO TEÓRICO**

## **Marco teórico**

Las conceptualizaciones están sustentadas por los siguientes autores: Agua potable para poblaciones rurales de Roger Agüero Pittman, Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados de Ricardo Alfredo López Cualla, por las normas rurales, así como otros documentos vinculantes, que se citan en el documento.

### **2.1 Mini Acueducto por Gravedad (MAG)**

Cuando condiciones topográficas del terreno y de localización es posible utilizar la fuerza de la gravedad para distribuir el agua potable a una población, no es necesario recurrir a medios de bombeo para elevar el agua hasta una determinada altura.

Esta opción es considerada solo en los casos que exista: Disponibilidad de fuente de abastecimiento; Disponibilidad de pendiente del terreno y capacidad de pago de la comunidad (NTON 09001-99, capítulo 5, inciso 3.3).

### **2.2 Fuente de abastecimiento**

Las fuentes de agua constituyen el elemento primordial en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable y antes de dar cualquier paso es necesario definir su ubicación, tipo, cantidad y calidad. De acuerdo con la ubicación y naturaleza de la fuente de abastecimiento, así como la topografía del terreno, se consideran dos tipos de sistema: los de gravedad y los de bombeo (Agüero Pittman,1997)

### **2.3 Tipos de fuentes**

**Aguas atmosféricas:** son las aguas de lluvias, estas están menos expuestas a la contaminación con bacteria y parásitos, pero no constituyen fuente de

aprovechamiento constante, pues deben colectarse en épocas de lluvias y almacenarse durante el verano.

**Aguas superficiales:** corrientes (ríos, arroyos y quebradas) y estancadas (lagos, lagunas y quebradas). Proviene en gran parte de manantiales o nacimientos que se originan de las aguas subterráneas. Están sometidas a la acción del calor, la luz y estas pueden ser contaminadas por el vertedero de afluentes cargados de sustancias orgánicas.

**Aguas subsuperficiales** (manantiales y afloramientos): es el agua que se infiltra en el subsuelo y que al desplazarse a través de los pozos de los manantiales subterráneos y que por sus elevaciones y pendientes pueden reaparecer en la superficie en forma de manantiales.

**Aguas subterráneas:** son aquellas que se han infiltrado desde la superficie de la tierra hacia abajo por los poros del suelo a través de la gravedad, hasta que alcanza un estrato permeable.

## 2.4 Manantiales

Los manantiales son puntos localizados en la corteza terrestre por donde aflora el agua subterránea. Generalmente este tipo de fuentes sufre variaciones en su producción, asociadas con el régimen de lluvia en la zona. En la mayoría de los casos, es de esperar que el caudal mínimo coincida con el final del periodo seco en la zona.

Los criterios para considerar un manantial como fuente de suministro de agua potable son los siguientes:

- ✓ El dato o datos de aforo deberán corresponder al final del periodo seco de la zona y se tomará como base para el diseño, el mínimo valor obtenido.

- ✓ El caudal crítico de producción de la fuente deberá ser mayor o igual al consumo máximo diario de la población al final del periodo de diseño, de lo contrario se desechará su utilización, o se complementará con otra fuente disponible.

## **2.5 Estudio de la fuente**

Esta debe de cumplir con dos propósitos importantes:

- Suministrar agua en cantidad suficiente para abastecer la demanda de la población durante el período de diseño considerado.
- Mantener las condiciones de calidad necesarias para garantizar la potabilidad de esta (NTON-09001-99).

## **2.6 Parámetros de calidad del agua**

El objetivo de controlar la calidad del agua es proteger la salud pública y por consiguiente ajustar, eliminar o reducir al mínimo aquellos componentes o características del agua, que puedan representar un riesgo para la salud de la comunidad e inconvenientes para la preservación del sistema, para lo cual se deberán seguir las siguientes instrucciones.

La fuente de agua a considerar para el proyecto, deberá ser objeto de por lo menos un análisis fisicoquímico, de metales pesados cuando se amerite y bacteriológico antes de su aceptación como tal. Los parámetros mínimos de control para el sector rural serán: coliforme total, coliforme fecal, olor, sabor, color, turbiedad, temperatura, concentraciones de iones de hidrógeno y conductividad.

Análisis de las fuentes de agua tales como manantiales, pozos perforados, pozos

excavados a mano deberán cumplir con las normas de calidad de las aguas vigentes aprobadas por el INAA y MINSa.

En las tablas siguientes se muestran las concentraciones máximas permisibles de los parámetros establecidos por el CAPRE para evaluar la calidad del agua.

**Tabla 1: Parámetros fisicoquímicos Normas (CAPRE)**

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible
Temperatura	°C	18 a 30	
Concentración de Iones Hidrógeno	Valor pH	6.5 a 8.5 (a)	
Cloro Residual	mg/L	0.5 a 1.0 (b)	(c)
Cloruros	mg/L	25	250
Conductividad	µS/cm	400	
Dureza	mg/L CaCO <sub>3</sub>	400	
Sulfatos	mg/L	25	250
Aluminio	mg/L		0.2
Calcio	mg/L CaCO <sub>3</sub>	100	
Cobre	mg/L	1.0	2.0
Magnesio	mg/L CaCO <sub>3</sub>	30	50
Sodio	mg/L	25	200
Potasio	mg/L		10
Sólidos Disueltos Totales	mg/L		1000
Zinc	mg/L		3.0

Fuente: (Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, 1993)

**Tabla 2: Parámetros organolépticos Normas (CAPRE)**

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible
Color Verdadero	mg/L (Pt-Co)	1	15
Turbiedad	UNT	1	5
Olor	Factor dilución	0	2 a 12 °C 3 a 25°C
Sabor	Factor dilución	0	2 a 12 °C 3 a 25°C

Fuente: (Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, 1993)

**Tabla 3: Parámetros bacteriológicos Normas (CAPRE)**

Origen	Parámetro (b)	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible	Observaciones
A. Todo tipo de agua de bebida	Coliforme fecal	Neg	Neg	
B. Agua que entra al sistema de distribución	Coliforme fecal	Neg	Neg	
	Coliforme total	Neg	≤4	En muestras no consecutivas
C. Agua en el sistema de distribución	Coliforme total	Neg	≤4	En muestras puntuales No debe ser detectado en el 95 % de las muestras anuales (c)
	Coliforme fecal	Neg	Neg	

Fuente: (Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, 1993)

NMP/100 ml en caso de análisis por tubos múltiples o colonias/100 ml en el caso de análisis por el método de membranas filtrantes. El indicador bacteriológico más preciso de contaminación fecal es la E. Coli. La bacteria coliforme total no es un indicador aceptable de la calidad sanitaria de acueductos rurales, particularmente en áreas tropicales, donde muchas bacterias sin significado sanitario se encuentran en la mayoría de los acueductos sin tratamiento.

En los análisis de control de calidad se determina la presencia de coliformes totales. En caso de detectarse una muestra positiva se procede al muestreo y se investiga la presencia de coliforme fecal. Si el re-muestreo da resultados negativos, no se toma en consideración las muestras adicionales recolectadas, cuando se intensifican las actividades de inspección sanitaria, no deben ser consideradas para la valoración anual de calidad.

En los sistemas donde se recolectan menos de 20 muestras al año, el porcentaje de muestras negativas debe ser ≥ 90%.

## **2.7 Clasificación de los recursos hídricos de acuerdo con sus usos**

Con el objeto de determinar la capacidad y condiciones del aprovechamiento de los recursos hidráulicos y los niveles y calidad de vertimientos tolerables para cada cuerpo de agua, se establecen seis tipos de cuerpos de agua:

**Tipo 1.** Aguas destinadas al uso doméstico y al uso industrial que requiera de agua potable, siempre que ésta forme parte de un producto o subproducto destinado al consumo humano o que entre en contacto con él.

Las aguas de este tipo se desagregan en dos categorías:

- Categoría 1-A, Aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionadas con la sola adición de desinfectantes.
- Categoría 1-B, Aguas que pueden ser acondicionadas por medio de tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y/o cloración.

**Tipo 2.** Aguas destinadas a usos agropecuarios.

Estas se desagregan en dos categorías:

- **Categoría 2-A**, Aguas para riego de vegetales destinados al consumo humano.
- **Categoría 2-B**, Aguas destinadas para riego de cualquier otro tipo de cultivo y uso pecuario.

**Tipo 3.** Aguas marinas o medios costeros destinados a la cría y explotación de moluscos para su consumo humano;

**Tipo 4.** Aguas destinadas a balnearios, deportes acuáticos, pesca deportiva, comercial y de subsistencia.

Las aguas de este Tipo se desagregan en dos categorías:

- **Categoría 4-A** Aguas para el contacto humano total.
- **Categoría 4-B** Aguas para el contacto humano parcial.

**Tipo 5.** Aguas destinadas para usos industriales que no requieren agua potable.

**Tipo 6.** Aguas destinadas a la navegación y generación de energía.

## **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 (Agüero Pittman, 1997).

El diseño geométrico de la obra de toma deberá tomar en cuenta la conservación de las condiciones naturales del afloramiento, evitando excavaciones, movimientos de tierra, rellenos, carga hidrostática que pudieran afectar el flujo natural y original del agua.

Por otro lado, se debe procurar dar protección física a la fuente de abastecimiento contra posibles causas de contaminación del agua.

Las obras de captación son todas aquellas que se constituyen para reunir adecuadamente aguas aprovechables, su finalidad básica es agrupar bajo cualquier condición de flujo durante todo el año la captación de aguas previstas.

El tipo de obra a emplearse esta en función de las características de la fuente, de la calidad, de la localización y su magnitud. Pueden hacerse por gravedad,

aprovechando la diferencia de nivel del terreno o por impulsión (bombas). Las dimensiones y características de la obra de toma deben permitir la captación de los caudales necesarios para un suministro seguro a la población.

Según la calidad del agua la captación puede ser:

Directa: cuando la calidad física, química y bacteriológica adoptan la cloración como tratamiento mínimo.

Indirecta: cuando la calidad bacteriológica o la turbidez ocasional de la misma, requiere el aprovechamiento de la filtración natural a través de estratos permeables conectados con el río.

## **2.9 Captación de aguas subterráneas**

La captación de aguas subterránea se puede realizar a través de manantiales, galerías filtrantes y pozos (excavados y tubulares) (Agüero Pittman,1997).

## **2.10 Población por servir**

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 09001-99 capítulo 3, inciso 2).

## **2.11 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 (Agüero Pittman,1997).

## **2.12 Dotación**

La dotación de agua, expresada como la cantidad de agua consumida por una persona en un día, y depende de los siguientes factores:

- ✓ Nivel de servicio adaptado.
- ✓ Factores geográficos
- ✓ Factores culturales.
- ✓ Uso de agua

(NTON 09001-99, capítulo 3, inciso 1).

## **2.13 Periodo de diseño**

En la determinación del tiempo real para el cual se consideran 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 (Agüero Pittman, 1997).

## **2.14 Presiones**

La presión representa la cantidad de energía gravitacional contenida en el agua, en un tramo de tubería (Agüero Pittman, 1997).

## **2.15 Altura Dinámica Total (ADT)**

Es la altura total contra la cual debe trabajar la bomba. Para obtener la altura dinámica total, es necesario establecer la ecuación de Bernoulli entre los niveles del agua en la succión y la impulsión (Cualla, R.A, 1999).

## **2.16 Línea de conducción**

La línea de conducción y red de distribución, junto con la fuente forman la parte más importante del sistema de abastecimiento de agua, ya que por su medio el agua puede llegar hasta los usuarios.

La línea de conducción es el conjunto de ductos, obras de arte y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde la captación hasta la comunidad, formando el enlace entre la obra de captación y la red de distribución. Su capacidad deberá ser suficiente para transportar el gasto de máximo día. Se le deberá proveer de los accesorios y obras de arte necesarios para su buen funcionamiento, conforme a las presiones de trabajo especificadas para las tuberías, tomándose en consideración la protección y mantenimiento de estas. Cuando la topografía del terreno así lo exija se deberán instalar válvulas de “aire y vacío” en las cimas y válvulas de “limpieza” en los columpios.

## **2.17 Línea de conducción por gravedad**

En el diseño de una línea de conducción por gravedad se dispone para transportar el caudal requerido aguas abajo de una carga potencial entre sus extremos que puede utilizarse para vencer las pérdidas por fricción originadas en el conducto al producirse el flujo, se deberá tomar en cuenta los aspectos siguientes:

- ✓ Se diseña para la condición de Consumo de Máximo Día al final del periodo de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 1.5 al Consumo Promedio Diario más las pérdidas.
- ✓ En los puntos críticos se deberá mantener una presión de 5.00 m por lo menos.

- ✓ La presión estática máxima estará en función de las especificaciones técnicas de la clase de tubería a utilizarse, sin embargo, se recomienda mantener una presión máxima de 70.0 m, incorporando en la línea, pilas rompe-presión donde sea necesario.

## **2.18 Sobrepresión por golpe de ariete**

Para cumplir con su objetivo las líneas de conducción se diseñan y operan para un régimen de flujo permanente, sin embargo, en la operación son inevitables régimen de transición de un flujo permanente a otro. Al menos una vez en el inicio de su operación, la línea de conducción necesita ser llenada de agua, en ocasiones tiene que ser vaciada y llenada de nuevo. Cada arranque o paro de bombas, o cada apertura y cierre de válvulas en la conducción generan un régimen que varían de forma importante los parámetros hidráulicos de la velocidad y la presión en cada punto de la línea.

Se denomina golpe de ariete al choque violento que se produce sobre las paredes de un conducto forzado, cuando el movimiento del líquido es modificado bruscamente. El caso más importante del golpe de ariete es una línea de descarga de bombas accionadas por motores eléctricos, se verifica luego de una interrupción de energía eléctrica. El golpe de ariete es un fenómeno transitorio que puede ocurrir en la tubería de descarga.

## **2.19 Almacenamiento**

El almacenamiento es un elemento del sistema de distribución que desempeña una función importante para su suministro continuo, oportuno, satisfactorio y económico a la población, de este depende el buen funcionamiento de abastecimiento de agua a la comunidad.

Los tanques de almacenamiento en los sistemas de abastecimiento de agua tienen como objetivo; suplir las cantidades necesarias 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 09001-99, capítulo 8, inciso 1).

Los tanques de almacenamiento no son solamente una opción, sino una herramienta básica para mantener un sistema de agua en funcionamiento constante con eficiencia y calidad.

### **Funciones del tanque de almacenamiento**

Un tanque de almacenamiento cumple tres propósitos fundamentales:

1. Compensar las variaciones de consumo diario (durante el día)
2. Mantener las presiones de servicio en la red de distribución.
3. Atender situaciones de emergencia, tales como incendios, interrupciones en el servicio por daños en la tubería de conducción o de desabastecimiento de bombeo.

#### **2.19.1 Tanque sobre el suelo**

Se recomiendan estos tipos de tanque, cuando la topografía del terreno lo permita y en comunidades rurales que dispongan localmente de materiales de construcción como piedra bolón o cantera (NTON 09001-99, capítulo 8, inciso 2.2).

### **2.20 Características del agua**

#### **2.20.1 Características físicas**

**Color:** El color en el agua puede ser de origen mineral o vegetal, causado por sustancias metálicas como el hierro o manganeso, materiales húmicos, taninos, algas, plantas acuáticas y protozoarios, o por residuos orgánicos o inorgánicos de industrias tales como: refinerías, pulpas de café y papel.

**Turbiedad:** La turbiedad en el agua es atribuida principalmente a las partículas sólidas en suspensión, que disminuye la claridad y reducen la transmisión de la luz en el medio, puede ser provocada por sustancias como hierro y zinc, plancton, algas y detritos orgánicos. La turbidez está muy ligada al color y reduce la eficiencia de la cloración.

**Olor y sabor:** Los términos olor y sabor generalmente se confunden, aunque ni el olor ni el sabor pueden ser directamente correlacionados con la seguridad sanitaria de una fuente de abastecimiento. Su presencia puede causar rechazo por parte del consumidor.

Las principales causas se deben a:

- Descomposición de la materia orgánica.
- Algas y otros organismos microscópicos.
- Hierro manganeso y productos metálicos de la corrosión.

### **2.20.2 Características químicas**

**Potencial hidrogeno:** Expresa la intensidad de las condiciones ácidas o básicas de una solución cualquiera mediante la concentración del ion hidrógeno. El Agua no tiene ácido ni álcali tiene un valor del pH igual a 7, al cual se le llama valor neutro del pH. La adición de ácidos fuertes como el Ácido Sulfúrico o el clorhídrico bajan notablemente el valor del pH; Así un álcali aumenta el valor del pH sobre 7 dependiendo de la variación de la intensidad y de la cantidad de álcali que agregue.

En resumen, los valores del pH < de 7 indican Acidez, 7 indica neutralidad y los valores de 7 hasta 14 indican alcalinidad. El pH se determina por el método del calorímetro y con el aparato llamado Peachímetro.

**Alcalinidad:** Básicamente es la medida de la capacidad del agua para neutralizar acidez. La alcalinidad de las aguas naturales está dada en primer lugar por las sales de ácidos débiles, aunque pueden también contribuir las bases débiles o fuertes.

**Cloruros:** La forma más común de ocurrencia de los cloruros en el agua para el consumo humano es el cloruro de sodio o sal común. La presencia de cloruros en el agua se considera importante más por razones del gusto que le comunican que por motivos de salud.

**Dureza:** La presencia de cationes polivalentes, principalmente los cationes de calcio y de magnesio dan origen a la dureza de las aguas. No se ha encontrado ninguna correlación entre las aguas con alto contenido de dureza y daños al organismo.

**Hierro y Manganeso:** El hierro y el manganeso están muy frecuentemente ligados y son raras las aguas que los contienen independientemente. La presencia del Hierro en el agua produce mal sabor (amargo) y color rojizo, produce manchas en la ropa, aparatos sanitarios y se deposita en la red de distribución causando obstrucción y alteraciones en la turbiedad y el color. El Manganeso, produce los mismos efectos del hierro, además en los animales afecta el crecimiento y formación de los huesos, reproducción y la sangre. En las ratas tiende a producir cirrosis en cantidades altas.

**Nitrato:** La presencia de nitrato no es extraño especialmente en agua de pozos que pueden recibir infiltraciones de tanques sépticos, ganadería, etc.

### **2.20.3 Características microbiológicas**

Las características microbiológicas del agua en los sistemas de abastecimiento tienen una gran importancia desde el punto de vista sanitario por los múltiples efectos negativos que pueden causar en la salud de los consumidores de agua. Se incluyen en este grupo, todos los organismos vivos desde los microscópicos hasta organismos mayores. Estas son las bacterias, algas, hongos y protozoos; los cuales son capaces de causar graves enfermedades de tipo intestinal tales como el cólera, tifoidea, disentería, hepatitis infecciosa etc., por lo que es importante tener control de la existencia y proliferación de estos organismos en el agua de consumo.

### **2.21 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 (Cualla, R.A, 1999).

#### **2.21.1 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 09001-99, capítulo 9, inciso 2).

## **2.22 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 09001-99, capítulo 7, inciso 3).

Una red de distribución es el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde tanques de almacenamiento hasta las tomas domiciliarias o hidrantes públicos; con el fin de proporcionar agua a los usuarios para consumo doméstico, público, comercial, industrial y para condiciones extraordinarias como el extinguir incendios.

La red de distribución está formada por tubería principal, llamada circuitos troncales o maestras y por tuberías secundarias o de relleno. Las conducciones primarias o arterias principales forman el esqueleto del sistema de distribución, se sitúa de tal forma que transporta grandes cantidades de agua desde la estación elevada a los depósitos y de estos a las diferentes partes del área abastecida. Las conducciones secundarias forman anillos más pequeños dentro de las arterias principales entrelazándolas entre sí, transportando grandes cantidades de agua desde las arterias principales a las diferentes áreas para cubrir el suministro normal y el caudal para la extinción de incendios.

### **2.22.1 Tipos de redes**

Dependiendo de la topografía, de la viabilidad de la ubicación de la fuente de abastecimiento y del tanque de almacenamiento puede determinarse el tipo de red de distribución.

### **2.22.2 Tipos ramificados**

Son redes de distribución construidas por ramales, troncal y una serie de ramificaciones o ramales que pueden construir pequeñas mallas o ramales ciegos. Este tipo de red es usada cuando la topografía es tal que dificulta o no permite la interconexión entre ramales.

### **2.22.3 Tipos mallados**

Son aquellas redes construidas por tuberías interconectadas formando mallas. Este tipo de red es el más conveniente y tratara siempre de lograrse mediante interconexiones de tuberías a fin de crear circuitos cerrados que permitan un servicio más eficiente y permanente.

### **2.22.4 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 09001-99, capítulo 3, inciso 3.2)

## **2.23 Accesorios**

Los accesorios son piezas especiales que se instalan en las tuberías con fines de limpieza, separación y seguridad en la misma, estos se colocan como elementos de unión entre los componentes de una conducción de agua, se utilizan para efectuar intersecciones de conductos, variación de diámetros, cambios de dirección, conexiones con válvulas, etc. Este grupo es constituido por juntas carretes, extremidades, tees, cruces, codos y reducciones, entre otros.

Este tipo de elementos se deben inspeccionar frecuentemente para verificar si no tienen fugas, si trabajan correctamente y no se encuentran obstruidos por elementos extraños o deterioro.

## **2.24 Accesorios y dispositivos especiales**

Estructuras complementarias, que se precisen para el buen funcionamiento tales como, pilas rompe presión, válvulas de aire (ventosas) en los puntos altos y válvulas de limpieza (purga) en los puntos bajos.

## **2.25 Válvulas**

Son dispositivos que permiten el control del flujo en la conducción, atendiendo a situaciones de: corte y control de flujo, acumulación de aire, por llenado y vaciado de la conducción, depresiones y sobrepresiones generadas por fenómenos transitorios y retroceso del agua, por paro del equipo de bombeo, ente otras.

### **2.25.1 Válvula de aire**

Las líneas de conducción por gravedad tienen la tendencia de acumular aire en los puntos altos, cuando se tienen presiones altas el aire tiende a disolverse y continúa en la tubería hasta que es expulsado, pero en los puntos en los puntos altos de relativa baja presión, el aire no se disuelve creando bolsas que reducen el área útil de la tubería.

La acumulación de aire en los puntos más altos provoca:

- Reducción del área de flujo del agua y consecuentemente se produce un aumento en las pérdidas y una disminución de gasto.
- Produce golpes repentinos en la tubería, a fin de prevenir estos fenómenos deben utilizarse válvula automática, que ubicadas en todos los puntos altos permitan la expulsión del aire acumulado y la circulación del gasto deseado. El diámetro se selecciona igual 1/12 del diámetro de la tubería principal.

### **2.25.2 Válvula de limpieza**

En las líneas de conducción con topografía accidentada existirá la tendencia a la acumulación de sedimentos en los puntos más bajos por lo cual resulta conveniente colocar dispositivos que permitan periódicamente la limpieza de tramos de tuberías. En este caso se usará el diámetro inmediato inferior al de la línea principal.

### **2.25.3 Válvula reguladora de presión**

Se usan para mantener una presión constante en la descarga, aunque en la entrada varíe el flujo o la presión. Ella produce en su interior una pérdida constante cualquiera que sea la presión de entrada.

### **2.26 Tee**

Las tee se utilizan para unir tres conductos, donde las tres uniones pueden ser del mismo diámetro, o dos de igual diámetro y uno menor. En el segundo caso se llama te de reducción.

## **2.27 Reducciones**

Las reducciones se emplean para unir dos tubos de diámetros diferentes.

### **2.28.1 Dosificador de cloro**

Los dosificadores de cloro por contacto para obtener agua potable VALAC mod. VLC/08 (cloradores), suministran continua y automáticamente, hipoclorito de calcio (cloro) a un estanque de agua, permitiendo proceso de potabilización y purificación de agua. Mediante un regulador, los dosificadores de cloro por contacto VALAC entregan la cantidad de cloro deseado en forma permanente y sin necesidad de controles mecánicos o eléctricos para obtener agua potable a bajo costo y mínima mantención. El dosificador de cloro VALAC no utiliza energía eléctrica.

## **2.29 Criterios de diseño**

### **2.29.1 Proyección de la población**

La población por servir es el parámetro básico, para dimensionar los elementos que constituyen el sistema. La metodología generalmente aplicada, requiere la investigación de las tasas de crecimiento histórico, las que sirven de base para efectuar la proyección de la población. La información de datos poblacionales se puede obtener de las siguientes fuentes tales como: Censos nacionales de 1971, 1995 y 2005 del INIDE. Se deberá determinar la población y la densidad poblacional para el periodo de diseño adoptado.

La determinación de la población final para el periodo de diseño adoptado se realizará a partir de proyecciones.

De acuerdo con lo establecido por la NTON 09001-99, en el inciso 2.2, al no disponer de un dato poblacional al inicio del periodo de diseño, se efectuó un censo poblacional por medio de los autores de este documento.

Se determinó la tasa de crecimiento basado en los registros de INIDE, de los años 1995, 2005 y para el año 2018 el dato se obtuvo de la encuesta socioeconómica.

### Estadísticas censales

Tabla 4: Censo poblacional, (INIDE, 1995-2005)

Censo Poblacional	República de Nicaragua	Municipio de Achuapa	Comunidad El Lagartillo
Encuesta socioeconómica 2018, (fuente propia).			245
Censo de crecimiento INIDE 2005	5,142,098	13797	147
Censo de crecimiento INIDE 1995	4,357,099	2129	55
Censo de crecimiento INIDE 1971	1,877,952	963	No existía

Fuente propia. Encuesta socioeconómica, (2018).

#### 2.29.2 Cálculo de la población

De acuerdo con lo establecido por la NTON 09001-99, en el inciso 2.2, el cálculo de las poblaciones futuras se usó el método geométrico expresado por la siguiente ecuación:

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

*Donde:*

$P_n$ : Población del año  $n$

$P_o$ : 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 período de diseño

Conviene conocer la tasa de crecimiento histórico nacional, para compararla con la obtenida en cada caso particular. Los valores anuales varían de 2.5% a 4%. El proyectista deberá justificar la adopción de tasas de crecimiento diferente a los valores indicados

### **2.29.3 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.

### **2.29.4 Proyección de consumo**

#### **Dotación**

La dotación de agua, expresada como la cantidad de agua por persona por día está en dependencia de:

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

Para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliarias de patio, y de acuerdo con las normas técnicas de abastecimiento de agua para zonas rurales se asignará un caudal de 50 a 60 lppd.

### **2.29.5 Nivel de servicio**

#### **Conexiones domiciliarias**

El nivel de servicio adoptado es de conexión domiciliar para todas las viviendas.

### **2.29.6 Descripción del sistema propuesto**

Para el diseño de este sistema de abastecimiento de agua potable. Se tomó como base a las Normas Técnicas de INAA NTON 09001-99 (Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable en la zona rural).

A continuación, se describen los parámetros de diseño utilizados:

## **2.30 Parámetros de diseño**

### **2.30.1 Periodos de diseño**

La vida útil para los componentes del sistema de agua referentes a: Captación de manantial, tanque sedimentador, línea de conducción, tanque de almacenamiento y red de distribución se proyectó para 20 años.

### **2.30.2 Variaciones de consumo**

Las variaciones de consumo estarán expresadas como factores de la demanda promedio diario y sirvieron de base para el dimensionamiento de la capacidad de los componentes del sistema estos valores son los siguientes:

- Consumo máximo diario (CMD): 1.5 del consumo promedio diario + pérdidas [Utilizado para la línea de conducción por gravedad]
- Consumo máximo horario (CMH): 2.5 del consumo promedio diario + pérdidas [Utilizado para red de distribución por gravedad]

### **2.30.3 Presiones máximas y mínimas**

Para brindar presiones adecuadas en el funcionamiento del sistema de abastecimiento, la norma del INAA recomienda que las presiones se mantengan entre 5 a 50 m como máximo.

La presión estática máxima estará en función de las especificaciones técnicas de la clase de tubería a utilizarse, sin embargo, se recomienda en línea de conducción mantener una presión estática máxima de 70 m, incorporando pilas rompe presión donde sea necesario.

### 2.30.4 Coeficientes de rugosidad de Hazen Willians

Coeficientes de rugosidad (C) de Hazen - Willians para los diferentes tipos de materiales en los conductos.

$$h = 10.674 \left[ \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} D^{4.871}} \right] L$$

**Tabla 5: Coeficiente de rugosidad**

Material de conducto	Coeficiente de rugosidad
Tubo de hierro galvanizado	100
Tubo de concreto	130
Tubo de asbestos cemento	140
Tubo de hierro fundido (Ho.Fo)	130
Tubo plástico (PVC)	150

Fuente: (Mott, 2006)

### 2.30.5 Velocidades permisibles en tuberías

Las velocidades recomendadas del flujo en los conductos son para evitar erosión o sedimentación en las tuberías, los valores permisibles son los siguientes:

Velocidad mínima: 0.40 m/s

Velocidad máxima: 2.00 m/s

(Según la norma para Mini Acueductos por Gravedad)

### 2.30.6 Cobertura de tuberías

Para sitios que corresponden a cruces de carreteras y caminos con mayor afluencia de tráfico se recomienda mantener una cobertura mínima de 1.20 m sobre la corona de las tuberías y en caminos de poco tráfico vehicular, una cobertura de 1.0 m sobre la corona del tubo.

### 2.30.7 Pérdidas de agua en el sistema

Para el diseño de este acueducto se consideró un 20% del consumo promedio diario

## 2.31 Obra de captación (Manantial de ladera y concentrado)

### 2.31.1 Diseño hidráulico y dimensionamiento

#### Distancia entre el afloramiento y la cámara húmeda

Altura entre el afloramiento y el orificio de entrada

$$h_o = \frac{V_1^2}{2 * g}$$

Donde:

$h_o$  = altura entre el afloramiento y el orificio de entrada (se recomiendan valores de 0.4 a 0.5 m)

$V_1$  = velocidad teórica en m/s

$g$  = aceleración de la gravedad

$$V_1 = \frac{V_2}{Cd}$$

Donde:

$V_2$  = velocidad de pase (se recomiendan valores menores o iguales a 0.6 m/s).

$Cd$  = coeficiente de descarga en el punto 1 (se asume 0.8).

Pérdida en el orificio

Reemplazando el valor de  $V_1$  en la ecuación de  $h_o$ , se obtiene:

$$h_o = 1.56 * \frac{v^2}{2 * g}$$

Pérdida de carga que servirá para determinar la distancia entre el afloramiento y la caja de captación (L).

$$H_f = H - h_o$$

Distancia entre el afloramiento y la cámara húmeda

$$L = H_f / 0.30$$

#### Ancho de la pantalla (b)

Diámetro de la tubería de entrada

Considerando el caudal máximo de la fuente y un coeficiente de descarga de  $C_d=0.8$  tenemos:

$$A = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{C_d * v}$$

El diámetro del orificio será definido mediante:

$$D = \left[ \frac{4A}{\pi} \right]^{1/2}$$

Cálculo del número de orificios (NA)

$$NA = \frac{(D. calculado)^2}{(D. propuesto)^2} + 1$$

Ancho de pantalla

$$b = 2(6D) + NA * D + 3D * (NA - 1)$$

b= ancho de la pantalla

D= diámetro del orificio

NA= número de orificios

### **Altura de la cámara húmeda (Ht)**

$$Ht = A + B + H + D + E$$

Donde:

A: se considera una altura mínima de 10 cm que permite la sedimentación de la arena.

B: se considera la mitad del diámetro de la canastilla de salida.

H: altura de agua

D: desnivel mínimo entre el nivel de ingreso del agua de afloramiento y el nivel de agua de la cámara húmeda. (mínimo 3 cm).

E: borde libre (10-30 cm)

### **Carga requerida**

$$H = 1.56 * \frac{v^2}{2 * g}$$

Donde:

H= carga requerida en m.

V= velocidad promedio en la salida de la tubería de la línea de conducción en m/s.

G= aceleración de la gravedad.

Se recomienda una altura mínima de H= 0.30 m

### Dimensionamiento de la canastilla

D. canastilla= 2\*Diámetro de la línea de conducción.

Long. canastilla= 3\*Diámetro de la línea de conducción (mínima).

Long. Canastilla= 6\*Diámetro de la línea de conducción (máximo).

Número de ranuras

$$No. ranuras = \frac{\text{Área total de la ranura}}{\text{Área de la ranura}} + 1$$

Diámetro de la tubería de rebose y limpieza

$$D = \frac{0.71 * Q^{0.38}}{hf^{0.21}}$$

Donde:

D= diámetro en pulgadas.

Q= gasto de la fuente en l/s.

hf= pérdida de carga unitaria en m/m.

### 2.31.2 Línea de conducción por gravedad

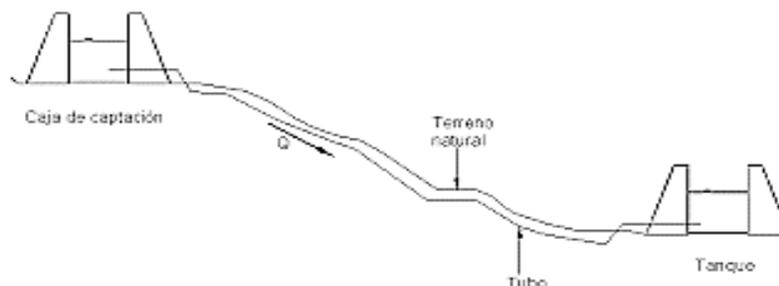


Figura 2: Línea de conducción por gravedad

En el diseño de una línea de conducción por gravedad se dispone, para transportar el caudal requerido aguas abajo, de una carga potencial entre sus extremos que puede utilizarse para vencer las pérdidas por fricción originadas en el conducto al producirse el flujo. Se deberá tener en cuenta los aspectos siguientes:

- a) Se diseñará para la condición del consumo de máximo día al final del periodo de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 1.5 al consumo promedio diario ( $CMD=1.5 CPD + Q$  pérdidas).
- b) En los puntos críticos se deberá mantener una presión de 5m por lo menos.
- c) La presión estática máxima estará en función de las especificaciones técnicas de la clase de tubería a utilizarse, sin embargo, se recomienda mantener una presión estática máxima de 70 m, incorporando en la línea pilas rompe presión donde sea necesario.

### **2.31.3 Red de distribución**

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 conexiones 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 aplicar el factor de 2.5 al consumo promedio diario ( $CHM=2.5CPD +$  pérdidas).
- b) El sistema de distribución puede ser de red abierta, de malla cerrada o una combinación de ambos.
- c) La red se deberá proveer de válvulas, accesorios y obras de arte necesarias, para asegurar su buen funcionamiento y facilitar su funcionamiento.

### 2.31.4 Selección de clase de tubería a emplear

La selección de la clase de la tubería a emplear será capaz de soportar la presión hidrostática y ajustarse a la máxima economía.

**Tabla 6: Clase de tubería y presiones de trabajo para tubería PVC**

SDR	Presiones de trabajo		
	Kg/cm <sup>2</sup>	psi	m.c.a
11	28	400	280
13.5	22.4	320	224
17	17.5	250	175
26	11.2	160	112
32.5	8.8	125	88
41	7	100	70
50	5.6	80	56

### 2.31.5 Diámetros

Para la determinación de los diámetros habrá que tomar en cuenta las diferentes alternativas desde el punto de vista económico.

Definidas las clases de tubería y sus límites de utilización, por razones de presión estática pueden presentarse situaciones que obliguen a la utilización de dispositivos reductores de presión, estableciéndose a lo largo de la línea tramos para efectos de diseño en función de la línea de carga estática o mediante la utilización de tubería de alta presión.

En todo caso sea en toda la longitud de la línea de conducción o en tramos, la selección de diámetro más conveniente resultará para aquellas combinaciones que aproveche al máximo ese desnivel es decir haciendo:  $H_f = \Delta H$ .

## **2.31.6 Tanque de almacenamiento**

### **Capacidad**

La capacidad del tanque de almacenamiento deberá satisfacer las condiciones siguientes:

### **Volumen compensador**

El volumen necesario para compensar las variaciones horarias del consumo se estimará en 15% del consumo promedio diario.

### **Volumen de reserva**

El volumen de reserva para atender las eventualidades en caso de emergencia, reparaciones en línea de conducción u obras de captación, se estimará igual al 20% del consumo de promedio diario.

De tal manera que la capacidad del tanque de almacenamiento se estimará igual al 35% del consumo promedio diario.

### **Diseño del tanque sobre el suelo**

El tanque sobre el suelo debe tener una altura máxima de 3.0 metros, con un borde libre de 0.50 metros y deberán estar cubiertos con una losa de concreto.

En caso especial se construirán tanques de acero.

**CAPITULO III**  
**DISEÑO**  
**METODOLÓGICO**

### **3.1 Tipo de investigación**

Basado en la problemática a resolver, los objetivos propuestos y las características de esta investigación, es aplicada porque al diseñar estructuras hidráulicas de sistemas de abastecimiento, se solucionará un problema que ha afectado históricamente a la comunidad de Lagartillo, del municipio de Achuapa.

Para el estudio de la población en la comunidad de Lagartillo, se realizó una encuesta sobre las condiciones en que viven y sus condiciones socioeconómicas, además se recabó información en instituciones tales como: Alcaldía de Achuapa, delegación municipal del MINSA, ENACAL, INETER, entre otros.

### **3.2 Fuentes de la recolección de datos**

Para el desarrollo de esta investigación se consultó diversas fuentes de datos, las cuales se describen a continuación:

#### **Fuentes primarias**

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

#### **Fuentes secundarias**

Se visitó las instituciones como la ALCALDIA, ENACAL y MINSA, para recopilar información y datos necesarios (Ubicación, características locales), para tener un mejor orden e información del proyecto.

- INAA: Para tener información de las normas más comunes que aplican en los sistemas de agua, así como los parámetros más comunes que evalúan 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 y las normas del INAA, con el fin de buscar información necesaria aplicada a este tipo de sistema en la parte rural.

### **Instrumentos de recolección de datos**

1. Se realizó encuesta socioeconómica a poblaciones beneficiadas.
2. Se efectuó aforo en la fuente para conocer el caudal que esta genera para el abastecimiento de la población.
3. Se llevó a cabo un análisis fisicoquímico de calidad de agua de la fuente de abastecimiento para así conocer las condiciones del agua que se le dará a la población.
4. Se hizo en levantamiento topográfico mediante instrumentos apropiado para el diseño del sistema (MAG), de la fuente al punto donde será el tanque de almacenamiento y luego a la zona de distribución.
5. Se analizaron todos los datos obtenidos en las encuestas, junto a los del aforo y proyección de la población para determinar caudal máximo diario y horario.
6. Se utilizó el software EPANET para determinar presiones, velocidades, diámetros de diseño entre otros valores relevantes.
7. Se usó el software AutoCAD para el trazado y delimitación de la línea de diseño, elaboración de perfiles, especificaciones de diseño.
8. Se hizo uso de Excel para la elaboración del presupuesto de toda la obra.

### **3.3 Actividades que involucra todo el diseño**

#### **3.3.1 Encuesta socioeconómica**

Se realizaron encuestas para determinar las características de la población y tomar esos datos para el análisis socioeconómico de la población actual de la comunidad.

#### **3.3.2 Levantamientos topográficos**

La metodología para la realización del levantamiento topográfico fue por medio de estación total para determinar elevaciones exactas de las viviendas a abastecer, además para proponer las rutas de las líneas tanto de conducción como de distribución.

Por lo que para realizar esta actividad se aplicaron los siguientes pasos:

**Evaluación de la zona:** Este permitió conocer el sitio del proyecto y determinar su cobertura, sirviendo esto para la realización del croquis, indicar los puntos límites, caminos, distancias estimadas, entre otros.

**Levantamiento topográfico:** Se realizó la Planimetría y Altimetría de la comunidad y la línea de conducción para ubicar los puntos de mayor y menor elevación y de esta manera analizar la ubicación de la fuente y el tanque de almacenamiento.

#### **3.3.3 Dotación**

De acuerdo con lo establecido por la NTON 09001-99, en el inciso 3.1, la dotación que se asignó para el proyecto fue de 60 lppd, ya que solo se consideraron conexiones domiciliarias de patio.

### **3.3.4 Población a Servir**

La comunidad de Lagartillo tiene una población actual de 245 personas, aplicando una dotación de 15.85 gppd por cada habitante se obtuvo la demanda actual-

Para la demanda futura se utilizó el método geométrico para proyectar el consumo actual a 20 años del periodo de diseño del sistema, se utilizó una tasa de crecimiento constante para determinar el gasto o la demanda que se tendrá al final del periodo de diseño.

### **3.3.5 Aforos y análisis de calidad de agua de la fuente**

Los aforos realizados por parte de la Alcaldía municipal de Achuapa demuestran que la fuente tiene un caudal suficiente para abastecer el proyecto hasta al final del periodo de diseño, obteniéndose un valor de flujo que nos permitió saber si la fuente era lo suficientemente apta para satisfacer dicho proyecto.

### **3.4 Parámetros de calidad de agua**

El análisis fisicoquímico en el laboratorio se realizó considerando los parámetros que miden las características estéticas del agua tales como: turbiedad, color, y conductividad eléctrica (dureza); los parámetros biológicos (coliformes fecal y total) y los parámetros químicos (cloruros, nitritos, calcio, magnesio, hierro, entre otros) de acuerdo con las normas técnicas de INAA.

Los resultados del análisis indican que todas las concentraciones de los parámetros analizados son inferiores al valor límite permisible, según la norma CAPRE.

### **3.5 Clasificación de los recursos hídricos de acuerdo con su uso**

Para el caso de análisis de esta investigación se consideran que la muestra obtenida está en la categoría del tipo 1 porque serán aguas destinadas al uso

doméstico y al uso industrial que requiera de agua potable, siempre que ésta forme parte de un producto o subproducto destinado al consumo humano o que entre en contacto con él.

De acuerdo con los valores obtenidos en los análisis de la fuente se pudo determinar que es de tipo 1-B. Se concluye que el agua es sanitariamente segura y por tanto apta para el uso y consumo doméstico. Ya que se encuentra en la subcategoría 1-B se propone un tratamiento convencional mediante un clorador en línea.

### **3.6 Dimensionamiento del depósito de captación**

El dimensionamiento de la captación se realizó con base en la topografía del punto y de la clase de manantial; buscando no alterar la calidad del agua, ni modificar la corriente y el caudal natural del manantial, ya que cualquier obstrucción puede tener consecuencias; el agua puede crear otro cauce y el manantial desaparece.

### **3.7 Dimensionamiento de la línea de conducción**

Para el diseño de la línea de conducción se tomó como referencia principal la topografía fuente-tanque.

Se trabajó en base a una serie de puntos a lo largo de la conducción, que va desde la fuente hasta el punto de ubicación del tanque de almacenamiento.

### **3.8 Pérdidas de agua en el sistema**

De acuerdo con lo establecido por la NTON 09001-99, en el inciso 4.7, cuando se proyectan sistemas de abastecimiento de agua potable, es necesario considerar las pérdidas 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%.

Para el análisis hidráulico se utilizó la ecuación de Hazen Williams, para el cálculo de las pérdidas a lo largo de todo el sistema. Utilizando un coeficiente de Hazen Williams de 150 para tuberías PVC.

### **3.9 Gradiente hidráulico**

Esta expresada en metros y representa la altura de presión disponible correspondiente a cada punto o nodo del sistema. Para el diseño del sistema se tomó la cota de elevación del punto inicial donde se construirá el sistema de captación menos las pérdidas acumuladas de cada punto, esto representa la línea de gradiente hidráulica en cada nodo.

### **3.10 Presión residual**

Es uno de los aspectos de mayor importancia en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, en nuestro país las normas nacionales limitan las presiones residuales entre 5 a 70 mca en la conducción.

La presión de cada nodo se calculó tomando el gradiente hidráulico correspondiente menos su cota de elevación.

### **3.11 Dimensionamiento del tanque de almacenamiento**

Los criterios de dimensionamiento que se utilizaron son los que señalan las normas nacionales, el cual el depósito debe tener un volumen compensador equivalente al 15% del CPDT, también un volumen de reserva equivalente al 20% del CPDT.

### **3.12 Diseño de red de distribución**

El diseño hidráulico de la red se realizó auxiliándonos del software de análisis y modelación hidráulica EPANET.

EPANET es un programa de ordenador que realiza simulaciones en periodos prolongados del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de suministro a presión. Una red puede estar constituida por tuberías, nudos (uniones entre tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses. Efectúa un seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nudos, los niveles en los depósitos, y la concentración de las especies químicas presentes en el agua, a lo largo del periodo de simulación discretizado en múltiples intervalos de tiempo.

### **3.13 Tipo de red**

Debido a la dispersión de los puntos y el diseño topográfico de la línea de distribución se optó por asignar una red tipo abierta o ramificada, la cual se adapta muy bien a la necesidad.

Se trabajó con un total de 46 tramos y 47 nodos distribuido a todo lo largo y ancho de la comunidad.

### **3.14 Demandas nodales**

Las demandas nodales se calcularon en dependencia de la cantidad de la cantidad de viviendas que va a abastecer dicho tramo.

### **3.15 Introducción y procesamiento de datos**

El diseño de la red se hizo bajo dos tipos de análisis, consumo máximo horario y consumo máximo diario, esto con el objetivo de verificar que las presiones se mantengan dentro del rango permitido por las normas del INAA, que aseguren las presiones necesarias en cada vivienda, así como proponer el tipo de tubería que

se colocara, para ver que el agua llegue a todos los puntos de la comunidad en general.

Los datos que se ocuparon para el análisis fueron:

En los nodos: Cotas de elevación y la demanda nodal.

En los tramos: diámetro, longitud, coeficiente de rugosidad.

También es necesario introducir accesorios tales como válvulas de limpieza y válvulas de aire. Para el funcionamiento óptimo del sistema.

El análisis de los datos está enfocado principalmente a los resultados de la velocidad en los tramos y la presión en cada modo, si estos no cumplen con los establecido en las normas nacionales se puede proponer otros diámetros y así sucesivamente hasta obtener resultados aceptables.

### **3.16 Presupuesto de la obra**

Se elaboró el presupuesto de la obra propuesta y en cuanto a esto se determinó la rentabilidad de ejecución de la obra.

Se calculó los costos por etapa y subetapa del proyecto, precios unitarios y costos totales de la obra en general.

# **CAPITULO IV**

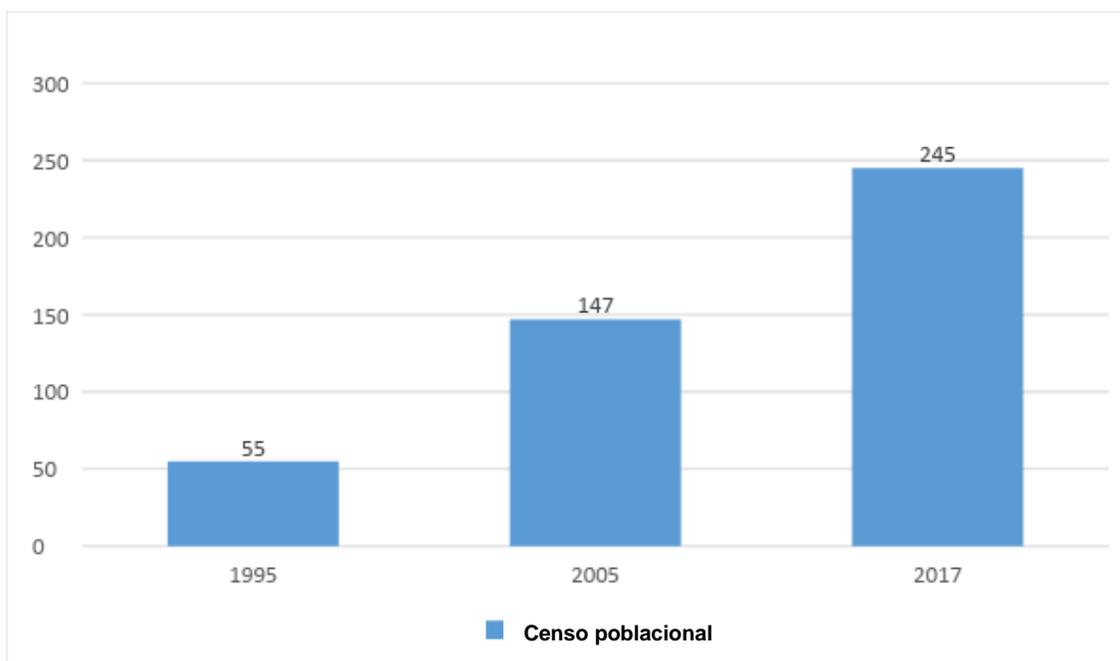
# **CÁLCULOS Y**

# **RESULTADOS**

## 4.1 Análisis de la encuesta socioeconómica

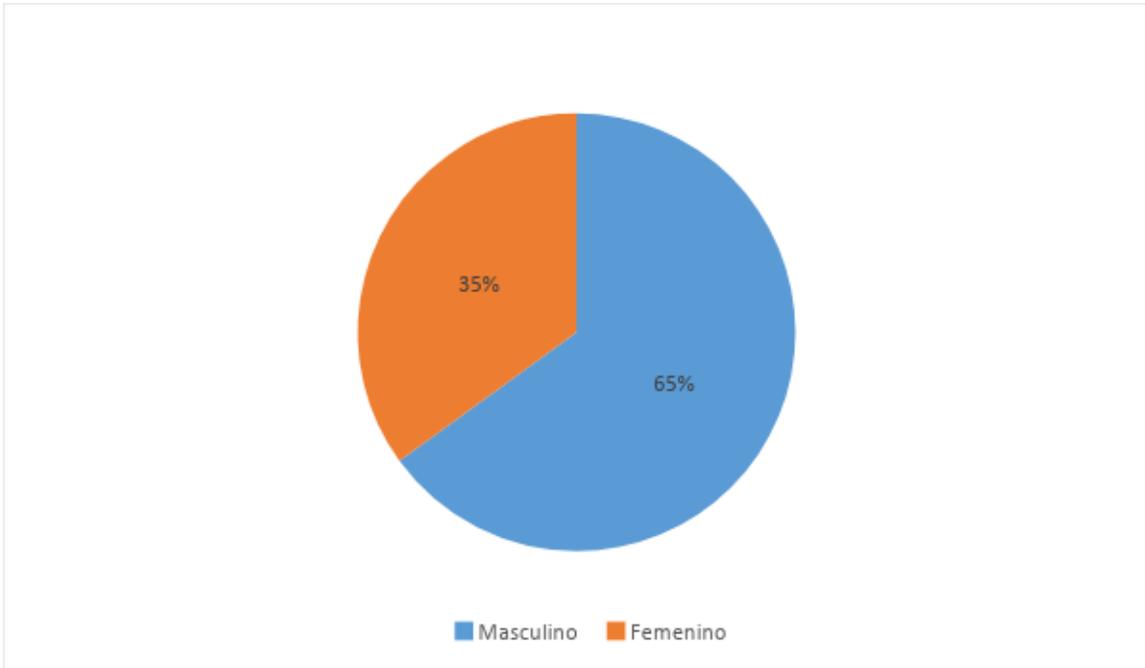
### 4.1.1 Población

De acuerdo con el censo poblacional realizado en marzo del año 2018, la comunidad cuenta con una población de 245 habitantes, distribuidos en 55 viviendas, para un índice poblacional de 4.45 habitantes por vivienda.



### 4.1.2 Distribución de población por sexo

La distribución de géneros corresponde a un 65% de habitantes del sexo masculino y 35% del sexo femenino

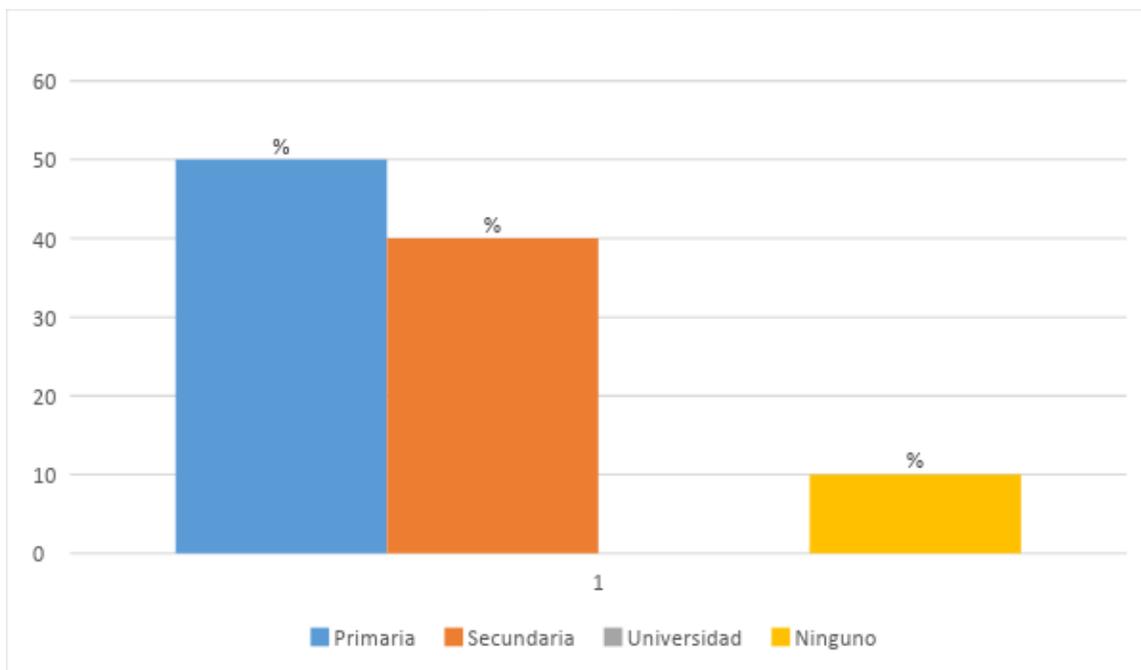


#### 4.1.3 Educación

De acuerdo con las encuestas socioeconómicas realizadas, la comunidad El Lagartillo, solo cuenta con una escuela pública, destinada a brindar educación de primaria, por lo que al terminar este nivel las personas continúan en el instituto público del casco urbano del municipio de Achuapa, al cual muy pocas personas optan por asistir, debido a los pocos ingresos que reciben de sus labores diarias.

##### Distribución de Escolaridad

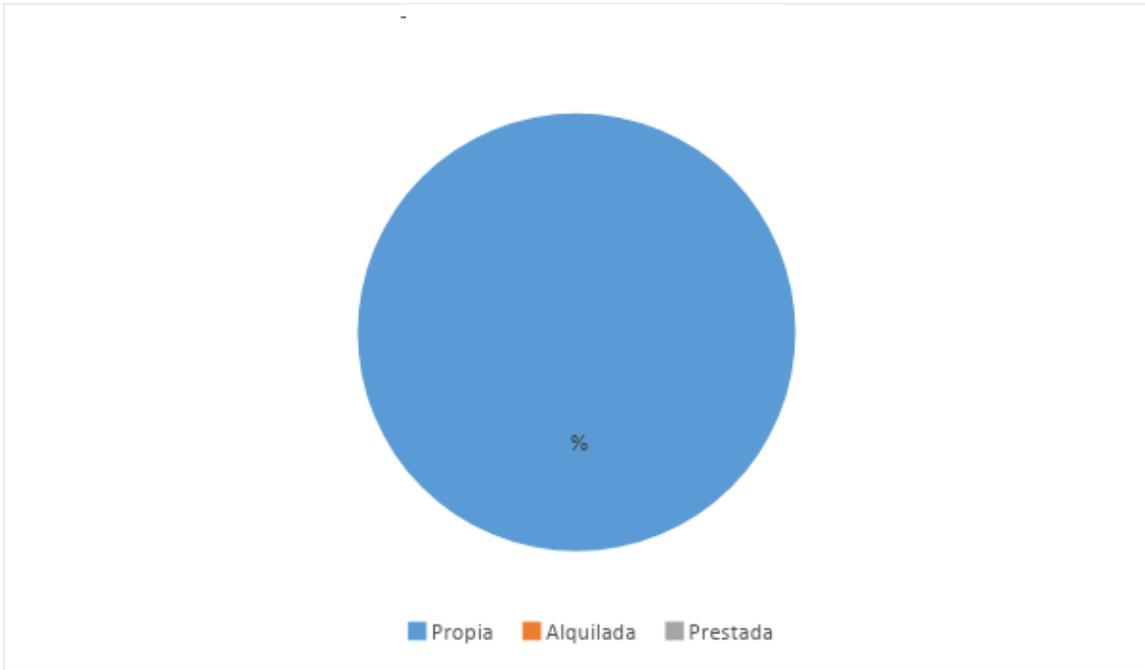
Debido al bajo índice de escolaridad que se presenta en esta comunidad, se va a necesitar de la Estrategia Metodológica de Educación Ambiental para el Saneamiento Ambiental (FECSA) para dar capacitaciones del uso y mantenimiento del sistema a los pobladores de la comunidad.



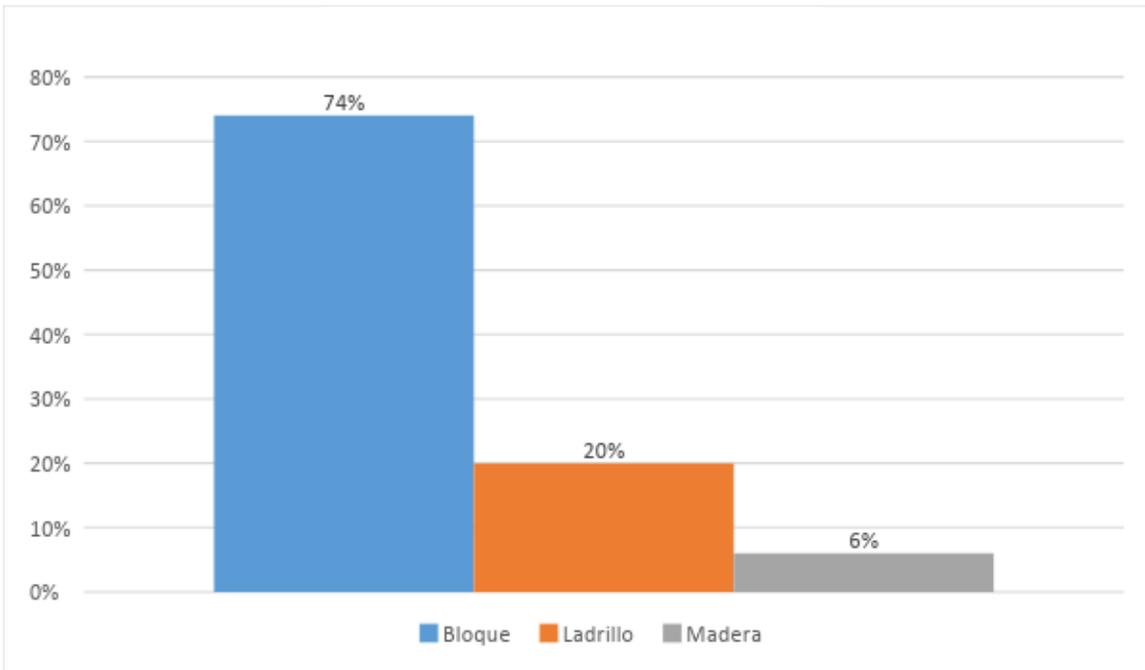
De un total de 245 habitantes el 50% de la población tiene nivel de escolaridad de primaria, que incluye personas adultas que no tuvieron la oportunidad para continuar estudiando y niños que no quieren o no pueden seguir haciéndolo. El 40% se encuentran en el nivel de secundaria, estos incluyen en su mayoría a los jóvenes que son estudiantes activos de secundaria, el 10% no fueron a un centro escolar o no han iniciado sus estudios y ninguno de los pobladores han asistido a una universidad.

#### 4.1.4 Tenencia de la propiedad

Todas las viviendas de la comunidad de El Lagartillo son propias.



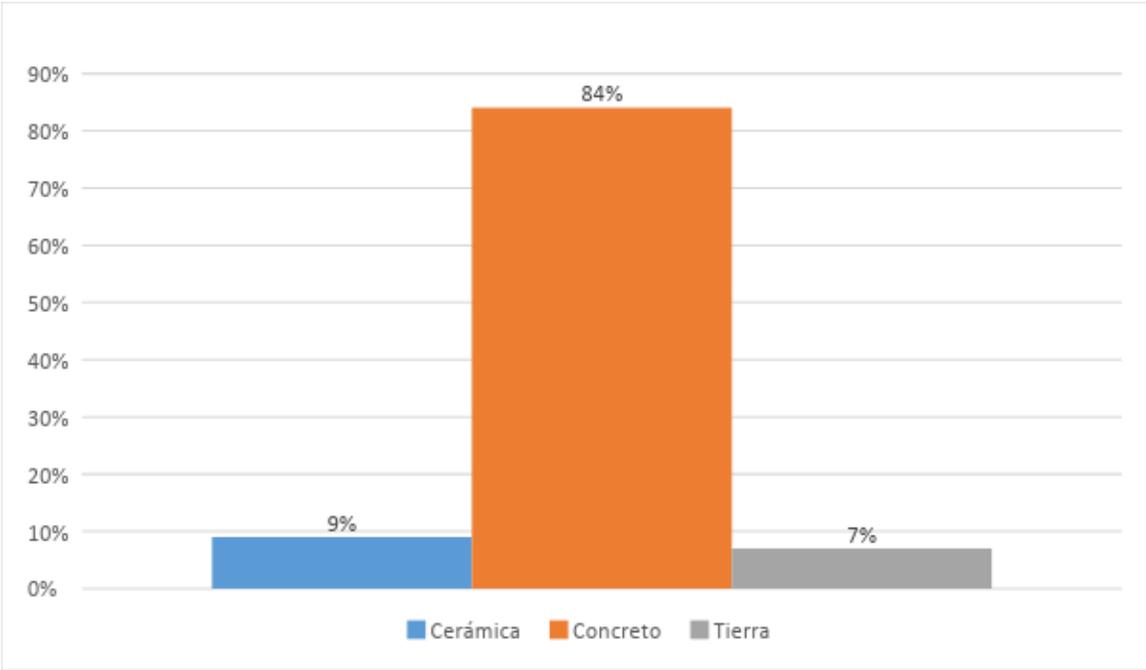
#### 4.1.5 Confinamiento de ambientes



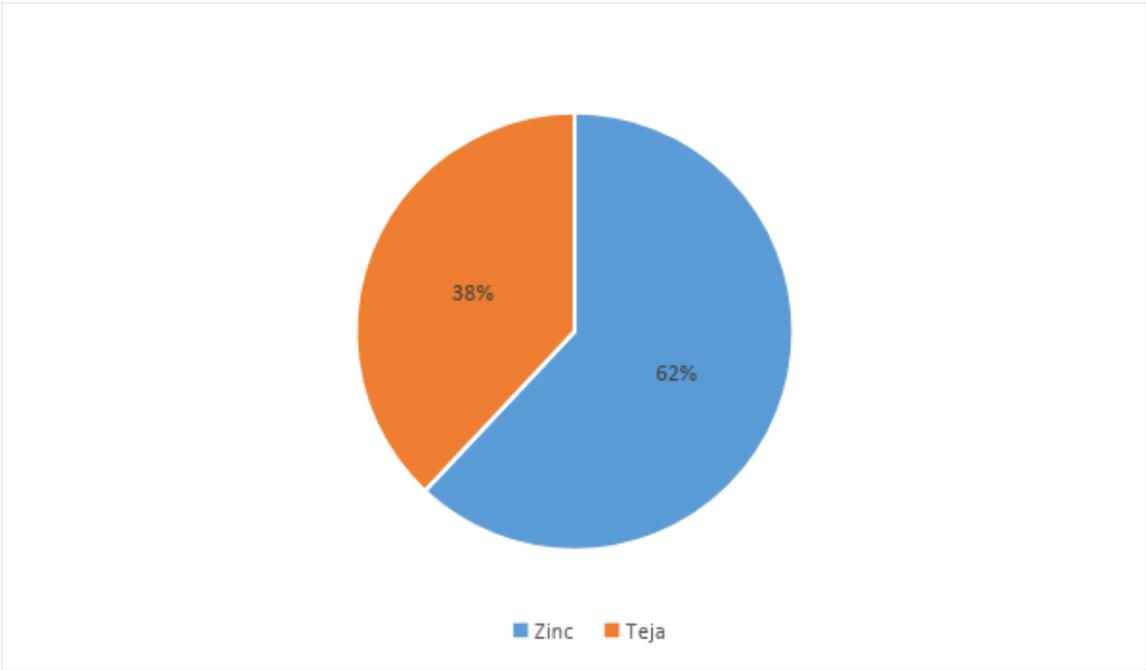
En la comunidad El Lagartillo el 74% de las viviendas están hechas de bloques, gran parte de estas fueron hechas por los proyectos de casas para el pueblo que

impulsa el gobierno central y municipal; un 20% son viviendas de ladrillo y solo un 6% de madera.

#### 4.1.6 Materiales de los pisos



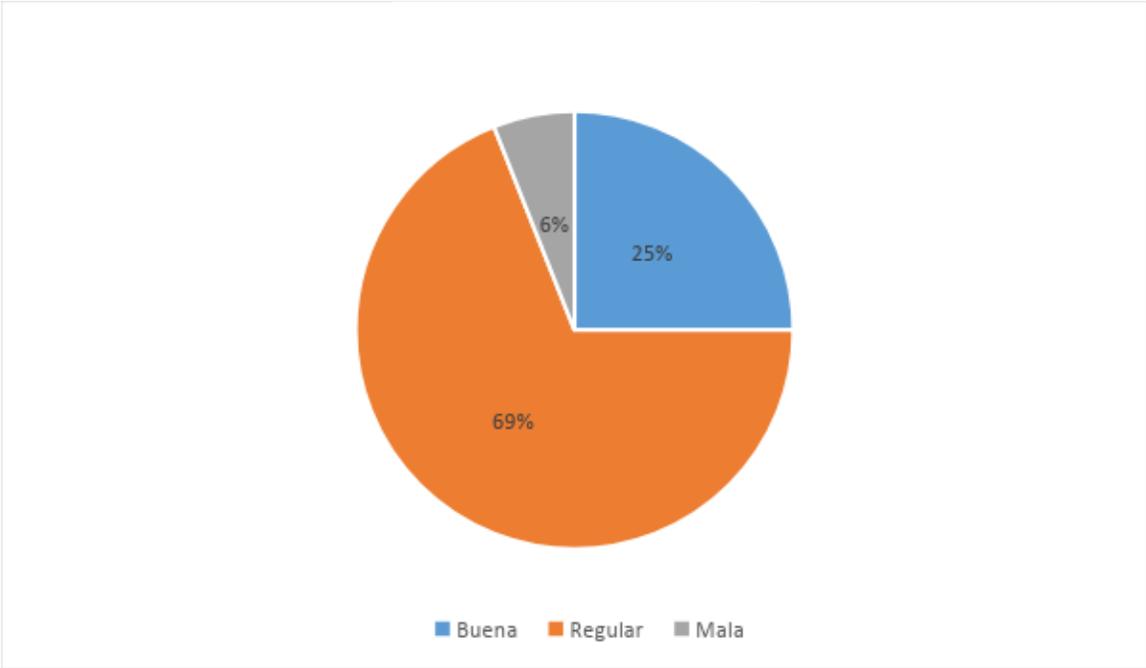
#### 4.1.7 Material de los techos



El 62% de las viviendas son de zinc, sin embargo, hay un 38% de viviendas que aún tienen techo con tejas de barro.

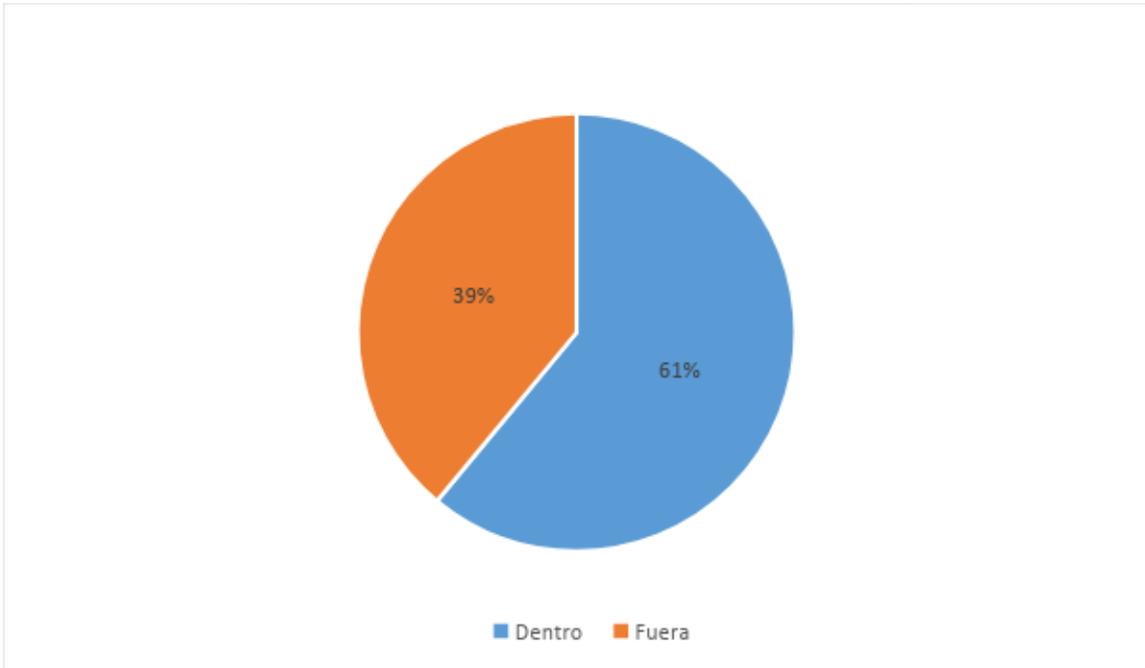
#### 4.1.8 Estado de la vivienda

En la comunidad existen 55 viviendas, con la encuesta se obtuvo un dato de 69% viviendas buenas, 25% viviendas regulares y 6% viviendas malas.



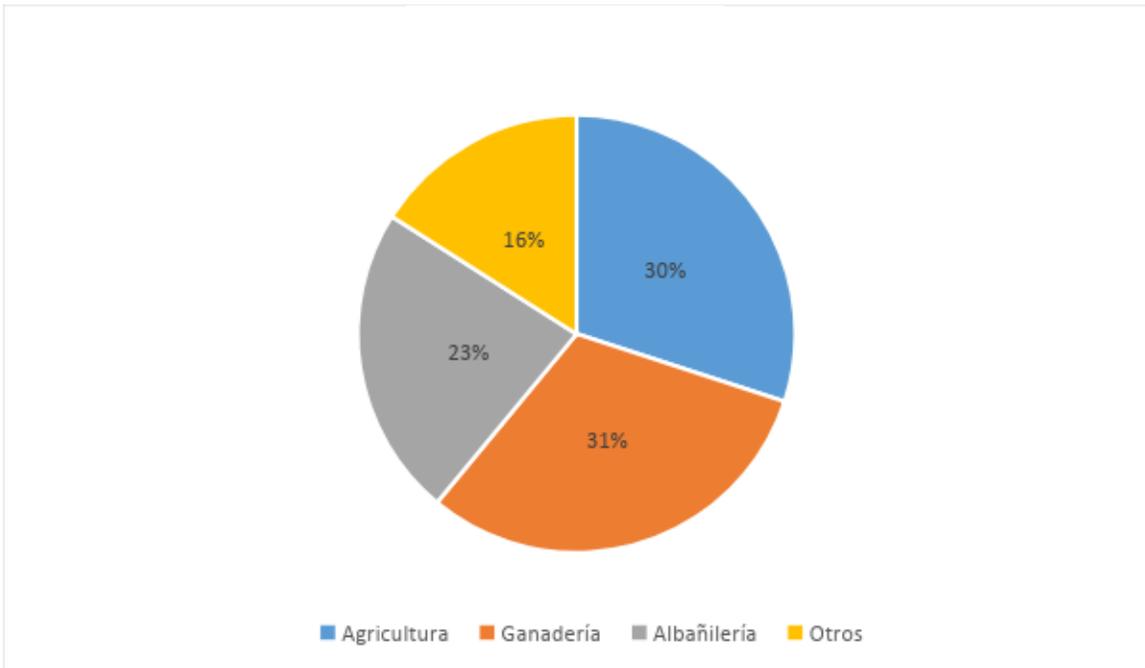
#### 4.1.9 Situación económica de la familia

Del total de habitantes que corresponde a 245, solo trabajan 216 lo cual corresponde a personas mayores de 15 años los cuales pueden desempeñar un oficio, el resto son niños. Del universo que trabaja, el 61% trabaja dentro de la comunidad, y el 39% trabaja fuera.



#### 4.1.10 Trabajo que realizan los habitantes

De los 216 pobladores que trabajan, 31% trabajan en ganadería, 30% en agricultura, 23% en albañilería y 16% se dedican a otras actividades.



#### 4.1.11 Saneamiento e higiene ambiental de la vivienda

Durante las visitas a la comunidad y las encuestas que se realizaron se observó lo siguiente:

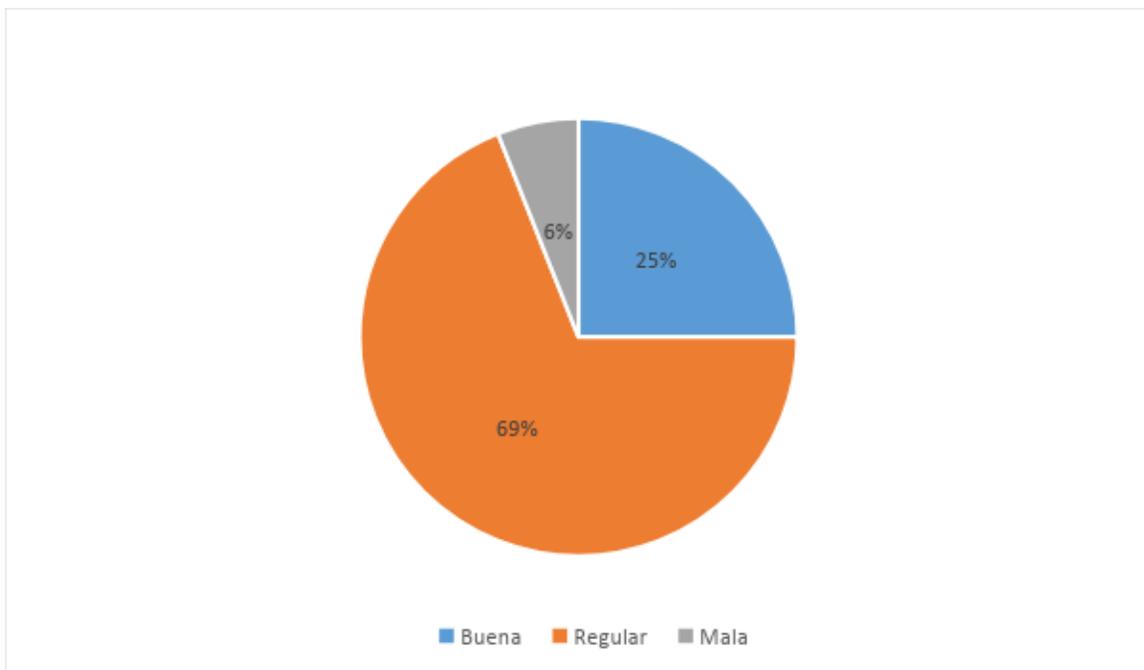
No tiene un servicio de agua adecuado.

Realizan mal uso de los pocos recursos naturales con los que se cuenta.

No se cuenta con alcantarillado sanitario.

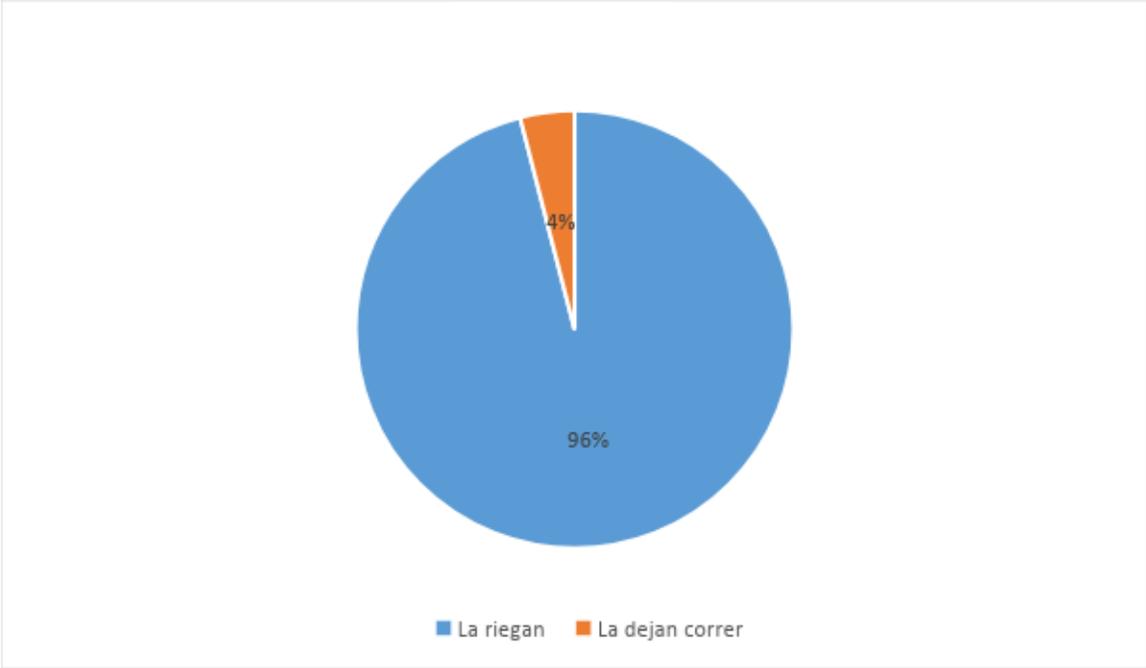
Todas las viviendas cuentan con letrina.

#### 4.1.12 Estado de las letrinas



#### 4.1.13 Disposición final de las aguas grises

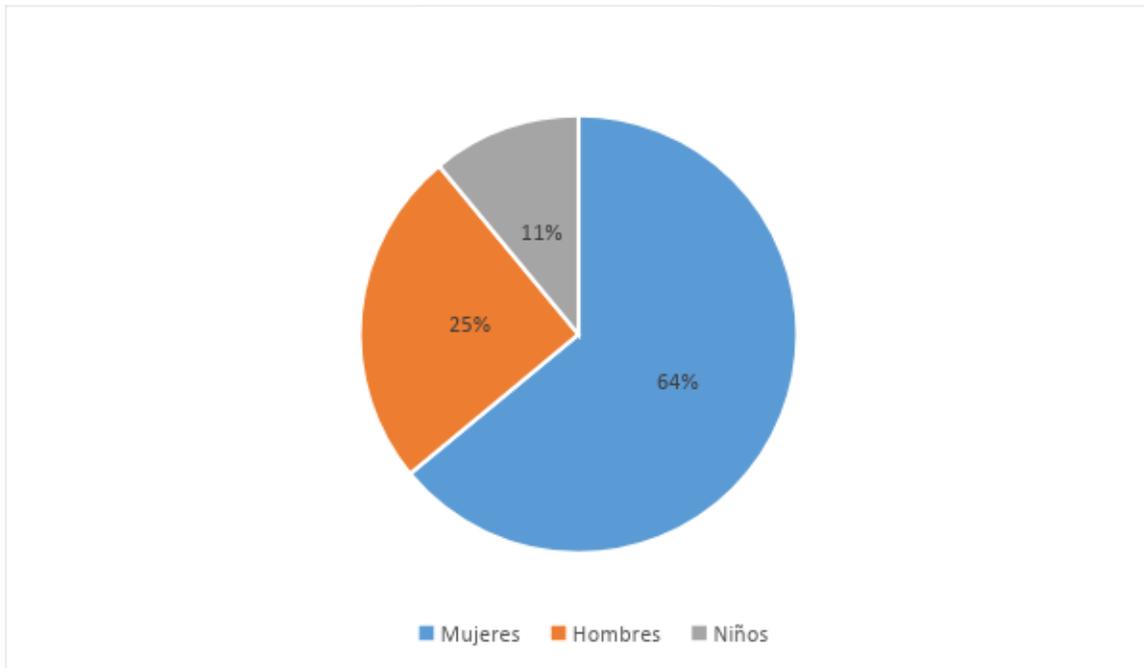
En la comunidad no hay servicio de alcantarillado sanitario, las agua servidas provenientes del lavado, baño y cocina son regadas en los patios o descargadas superficialmente sobre los patios.



**4.1.14 Recursos y servicios de agua**

La población se abastece de un manantial desprotegido. En algunos sectores se encuentran tres pozos excavados a manos, entre los que se encuentra un pozo comunal con bomba de mecate; pero no cuentan con un sistema de agua potable.

**4.1.15 Acarreo del agua de los pozos comunales y del manantial**



#### 4.1.16 Costo que estaría dispuesto a pagar

Durante la realización de la encuesta todos los pobladores en su totalidad están dispuestos a pagar una tarifa mínima entre 20 y 35 córdobas.

## 4.2 Estudio de la fuente

### Resultados de laboratorio

#### 4.2.1 Resultados de parámetros bacteriológicos

Parámetros	Resultado	Unidad	Valor máximo admisible CAPRE
Coliforme Total	1,30E	NMP/100 ml	Negativo
E. Coli	Neg.	NMP/100 ml	Negativo

#### 4.2.2 Resultados de parámetros organolépticos

Parámetros	Resultado	Unidad	Valor máximo admisible CAPRE
Color verdadero	<1.00	mg <sup>l</sup> -1 Pt-Co	15 mg <sup>l</sup> -1 Pt-Co
Turbidez	0.112	UNT	5,00UNT

### 4.2.3 Resultados de parámetros físicos- químicos

Parámetros	Resultado	Unidad	Valor máximo admisible CAPRE
Cloruros	4.17	mg/l <sup>-1</sup>	250,00 mg/l <sup>-1</sup>
Conductividad	286,00	Us/cm	Sin referencia
Dureza	114,88	mg/l <sup>-1</sup>	Sin referencia
Sulfatos	<1,00	mg/l <sup>-1</sup>	250 mg/l <sup>-1</sup>
Calcio	37,03	mg/l <sup>-1</sup>	Sin referencia
Sodio	11,00	mg/l <sup>-1</sup>	200,00 mg/l <sup>-1</sup>
Potasio	2,11	mg/l <sup>-1</sup>	10,00 mg/l <sup>-1</sup>
Magnesio	5,46	mg/l <sup>-1</sup>	50,00 mg/l <sup>-1</sup>

### 4.2.4 Resultados de parámetros para sustancias no deseadas

Parámetros	Resultado	Unidad	Valor máximo admisible CAPRE
Nitratos	0,70	mg/l <sup>-1</sup>	50,00 mg/l <sup>-1</sup>
Nitritos	<0,009	mg/l <sup>-1</sup>	0,10 mg/l <sup>-1</sup>
Hierro	0,032	mg/l <sup>-1</sup>	0,30 mg/l <sup>-1</sup>
Fluoruro	0.264	mg/l <sup>-1</sup>	0,7 mg/l <sup>-1</sup>

## 4.3 Estimación de población

### 4.3.1 Razón de crecimiento

Para determinar la tasa de crecimiento poblacional de esta comunidad se usaron datos de población obtenida por el INIDE en el 2005 y el MINSA municipal de Achupaca en el 2015, ya que estos son los datos censales más actuales con los que se cuenta.

Para el periodo de censo 2005-2015

Datos:

$P_n = 228$  hab.

$P_o = 147$  hab.

$n = 10$

$\%r [2005-2015] = 0.0449 * 100 = 4.49\%$

Debido a que la diferencia de periodos es de 10 años, no se recomienda realizar una proyección de población con esta razón.

Para el periodo 2015-2018

Datos:

$P_n = 245$  hab.

$P_o = 228$  hab.

$n = 3$

$\%r [2015-2018] = 0.0243 * 100 = 2.43\%$

**Tabla 6: Tasa de crecimiento poblacional de la comunidad El Lagartillo**

Año	Censo	Población	Razón de crecimiento
2005	Alcaldía Municipal	147	4.49
2015	MINSA de Achuapa	228	
2015		228	2.43
2018	Encuesta socioeconómica	245	
<b>Promedio de razón de crecimiento</b>			3.46

Fuente propia

Condición: 2.5% – 4% Se encuentra entre el rango.

De los resultados obtenidos se puede decir que la comunidad El Lagartillo, para efectos de diseño se usara una tasa de crecimiento de 3.46%, de acuerdo con lo establecido por la NTON 09001-99, en el inciso 2.2

#### 4.3.2 Proyección de la población

Para obtener la población de diseño de la comunidad de El Lagartillo se utilizó el método de proyección geométrico.

Se calculó el crecimiento poblacional de la comunidad El Lagartillo teniendo en cuenta que: la población de dicha comunidad no se ha mantenido estables, puesto que muchos de sus habitantes han emigrado al norte de América y a países

Europeos, con el fin de mejorar la calidad de vida de sus familias. La tasa de crecimiento utilizada para la proyección de la población es idónea puesto que el aumento poblacional ha sido lento por factores socioeconómicos del país.

Los 245 habitantes que van a gozar de este proyecto de agua potable se obtuvieron de la encuesta socioeconómica hecha al 100% de las viviendas de la comunidad.

#### **4.4 Proyección de consumo**

El cálculo del consumo de la población se basó en los datos recopilados con anterioridad en cuanto al crecimiento poblacional proyectado y la dotación estipuladas en las normas de Acueductos Rurales del país, esta dotación incluye un factor estimado de pérdidas y desperdicio de agua en el sistema, de acuerdo a los niveles de servicio de los proyectos de abastecimiento de agua potable rural, determinando así el consumo promedio diario total del último día del periodo de diseño del proyecto.

La dotación de la población según las normas del INAA, corresponde entre 50-60 lppd; por tanto, para el análisis de este proyecto la dotación estimada será de 60 lppd o 15.85 galones por persona por día.

Se estimará un porcentaje de pérdidas del 20% por fugas y desperdicios.

#### **4.5 Caudales de diseño**

El caudal de diseño de la línea de conducción para el último día del periodo de diseño del proyecto es de 55,901.45 lppd o 0.647 lps.

$$\text{CMD} = (1.5 * 37,267.64 \text{lppd}) = 55,901.45 \text{lppd}.$$

Así mismo el caudal de diseño de la red de distribución para el último día del periodo de diseño del proyecto es de 93,169.09 lppd o 1.078 lps.

$$\text{CMH} = (2.5 * 37,267.64 \text{ lppd}) = 93,169.09 \text{ lppd}$$

#### **4.6 Población servida**

Con la ejecución de este proyecto de abastecimiento de agua potable se podrá beneficiar a las 56 viviendas que aloja esta comunidad del El Lagartillo.

Tabla 7: Proyección de la población y datos de consumo promedio diario total

PROYECCION DE POBLACION					TABLA DE PROYECCION DE CONSUMO					
Año	n	r=3.46 %	Poblacion Inicial (Po)	Poblacion Proyectada	Dotación (lppd)	CD LPD	CP 7 % *CD LPD	CPD LPD	Pérdida 20 %* CPD LPD	CPDT LPD
2018	0	3.46	245	245	60	14,700.00	1,029.00	15,729.00	3,145.80	18,874.80
2019	1	3.46	245	253	60	15,208.62	1,064.60	16,273.22	3,254.64	19,527.87
2020	2	3.46	245	262	60	15,734.84	1,101.44	16,836.28	3,367.26	20,203.53
2021	3	3.46	245	271	60	16,279.26	1,139.55	17,418.81	3,483.76	20,902.57
2022	4	3.46	245	281	60	16,842.53	1,178.98	18,021.50	3,604.30	21,625.80
2023	5	3.46	245	290	60	17,425.28	1,219.77	18,645.05	3,729.01	22,374.06
2024	6	3.46	245	300	60	18,028.19	1,261.97	19,290.17	3,858.03	23,148.20
2025	7	3.46	245	311	60	18,651.97	1,305.64	19,957.61	3,991.52	23,949.13
2026	8	3.46	245	322	60	19,297.33	1,350.81	20,648.14	4,129.63	24,777.77
2027	9	3.46	245	333	60	19,965.01	1,397.55	21,362.56	4,272.51	25,635.08
2028	10	3.46	245	344	60	20,655.80	1,445.91	22,101.71	4,420.34	26,522.05
2029	11	3.46	245	356	60	21,370.49	1,495.93	22,866.43	4,573.29	27,439.71
2030	12	3.46	245	368	60	22,109.91	1,547.69	23,657.61	4,731.52	28,389.13
2031	13	3.46	245	381	60	22,874.92	1,601.24	24,476.16	4,895.23	29,371.39
2032	14	3.46	245	394	60	23,666.39	1,656.65	25,323.03	5,064.61	30,387.64
2033	15	3.46	245	408	60	24,485.24	1,713.97	26,199.21	5,239.84	31,439.05
2034	16	3.46	245	422	60	25,332.43	1,773.27	27,105.70	5,421.14	32,526.85
2035	17	3.46	245	437	60	26,208.94	1,834.63	28,043.56	5,608.71	33,652.27
2036	18	3.46	245	452	60	27,115.77	1,898.10	29,013.87	5,802.77	34,816.64
2037	19	3.46	245	468	60	28,053.97	1,963.78	30,017.75	6,003.55	36,021.30
2038	20	3.46	245	484	60	29,024.64	2,031.72	31,056.36	6,211.27	37,267.64

(Fuente propia)

## **4.7 Fuente de abastecimiento y captación**

### **4.7.1 Características de la fuente**

La fuente de abastecimiento para este proyecto es un manantial natural, de agua superficial que aflora a la superficie.

La fuente Rio Arriba definida como fuente de abastecimiento de agua potable del proyecto Diseño de abastecimiento de agua potable en la comunidad de Lagartillo; tiene suficiente caudal y se ubica muy cercano a las comunidades de Las Lajas y La Guaruma. El caudal mínimo del manantial en temporada seca es de 20 gpm y la demanda máxima diaria proyectada para 20 años de la comunidad incluyendo las pérdidas y las variaciones del consumo equivale a 12,257 gpd o 8.5 gpm, según tabla

### **4.7.2 Determinación de la capacidad de la fuente**

En abril del 2018, el gobierno regional a través de la alcaldía municipal de Achuapa, realizó un aforo en la fuente Rio Arriba, los resultados del aforo dieron un valor de 20 gpm.

### **4.7.3 Análisis de calidad de agua de la fuente río arriba**

#### **Análisis bacteriológico**

En el análisis bacteriológico se presentan una leve cantidad de coliformes, muy por debajo del rango permisible, por tal razón basta con el clorador en línea para eliminar esa mínima concentración de coliformes y e.coli.

El análisis fisicoquímico en el laboratorio se realizó considerando los parámetros que miden las características estéticas del agua tales como: turbiedad, color, y conductividad eléctrica (dureza); los parámetros biológicos (coliformes fecal y

total) y los parámetros químicos (cloruros, nitritos, calcio, magnesio, hierro, entre otros) de acuerdo con las normas técnicas de INAA.

Los resultados del análisis indican que todas las concentraciones de los parámetros analizados son inferiores al valor límite permisible, según la norma CAPRE.

#### **4.8 Obra de captación**

Tomando en consideración el tipo de manantial seleccionado (manantial natural de agua superficial, tipo ladera); la obra consistirá en 3 partes: la primera, corresponde a la protección del afloramiento; la segunda, a una cámara húmeda que sirve para regular el gasto a utilizarse; y la tercera, a una cámara seca que sirve para proteger la válvula de control.

El comportamiento de la protección de la fuente consta de una losa de concreto que cubre toda la extensión o área adyacente al afloramiento de modo que no exista contacto con el ambiente exterior, quedando así sellado para evitar la contaminación. Junto a la pared de la cámara húmeda, existe una cantidad de material granular que impedirá el socavamiento del área adyacente a la cámara y el aquietamiento de algún material en suspensión.

La cámara húmeda estará ubicada a 1.2 m del afloramiento, tiene una altura de 1m, con un ancho de pantalla de 2.80 m, con 11 orificios de entrada de 2" de diámetro, los que permiten fluir el agua, desde la zona de afloramiento hasta la cámara; además tiene una canastilla de salida con una longitud de 25 cm, con un total de 17 ranuras de 5mm de ancho y 7mm de largo; consta con un tubo de rebose de 2" que sirve para eliminar el exceso de agua de la fuente y un sistema de limpieza.

La cámara seca para la protección de la válvula de control tiene las siguientes dimensiones: 0.60 m \* 0.60 m de sección interna y 0.75 m \* 0.75 m de sección externa.

#### **4.9 Línea de conducción**

La línea de conducción tiene una longitud de 326.13 m. La tubería propuesta es de PVC que conducirá los caudales de 55,901.45 lppd a los 20 años del periodo de diseño.

#### **4.10 Análisis hidráulico de la línea de conducción**

Según las normas, la línea de conducción debe analizarse para la demanda máxima diaria CMD; al final de su periodo de diseño, la línea de analizó para un caudal de 0.647 lps.

#### **4.11 Presiones en línea de conducción**

#### 4.11.1 Presiones en la línea de conducción

Tabla 8: Presiones en la línea de conducción

TRAMO		CAUDAL		LONG	ELEVACION DE NODOS		C	D	D	HF	VEL	LGH		PRESION RESIDUAL		PRESION ESTATICA	
Inicial	Final	( lps)	(m³/s)	( mts )	Inicial	Final						( pulg)	(mts)	(mts)	(m/s)	Inicial	Final
1	2	0.54	0.0005	53.5	716.50	713.50	150	2.0	0.0508	0.094	0.27	716.50	716.41	0.00	2.91	0	3.00
2	3	0.54	0.0005	43.18	713.50	709.50	150	2.0	0.0508	0.076	0.27	716.41	716.33	2.91	6.83	3.00	7.00
3	4	0.54	0.0005	44.52	709.50	702.50	150	2.0	0.0508	0.078	0.27	716.33	716.25	6.83	13.75	7.00	14.00
4	5	0.54	0.0005	46.15	702.50	698.00	150	2.0	0.0508	0.081	0.27	716.25	716.17	13.75	18.17	14.00	15.50
5	6	0.54	0.0005	54.71	698.00	692.00	150	2.0	0.0508	0.096	0.27	716.17	716.08	18.17	24.08	15.50	17.50
6	7	0.54	0.0005	39.77	692.00	685.00	150	2.0	0.0508	0.070	0.27	716.08	716.01	24.08	31.01	17.50	17.50
7	8	0.54	0.0005	44.28	685.00	677.65	150	2.0	0.0508	0.078	0.27	716.25	716.17	31.25	38.52	14.00	38.85
Σ				326													

#### 4.11.2 Presiones en la línea de distribución

TRAMO		CAUDAL		LONG	ELEVACION DE NODOS		C	D	D	HF	VEL	LGH		PRESION RESIDUAL		PRESION ESTATICA	
Inicial	Final	( lps)	(m³/s)	( mts )	Inicial	Final						( pulg)	(mts)	(mts)	(m/s)	Inicial	Final
9	10	0.69	0.0007	70.5	657	653.584	150	2.0	0.0508	0.195	0.34	657.00	656.81	0.00	3.22	0	3.42
10	11	0.69	0.0007	54	653.584	652.492	150	2.0	0.0508	0.149	0.34	656.81	656.66	3.22	4.16	3.42	4.51
11	12	0.69	0.0007	31.7	652.492	652.57	150	2.0	0.0508	0.088	0.34	656.66	656.57	4.16	4.00	4.51	4.43
12	13	0.69	0.0007	41.6	652.57	650.012	150	2.0	0.0508	0.115	0.34	656.57	656.45	4.00	6.44	4.43	6.99
13	14	0.69	0.0007	26.6	650.012	649.499	150	2.0	0.0508	0.073	0.34	656.45	656.38	6.44	6.88	6.99	7.50
14	15	0.69	0.0007	36.3	649.499	648.733	150	2.0	0.0508	0.100	0.34	656.38	656.28	6.88	7.55	7.50	8.27
15	16	0.69	0.0007	46.3	648.733	646.332	150	2.0	0.0508	0.128	0.34	656.28	656.15	7.55	9.82	8.27	10.67
16	17	0.69	0.0007	51.8	646.332	643.781	150	2.0	0.0508	0.143	0.34	656.15	656.01	9.82	12.23	10.67	13.22

**Presiones en la línea de distribución**

17	18	0.69	0.0007	27.4	643.781	642.007	150	2.0	0.0508	0.076	0.34	656.01	655.93	12.23	13.93	13.22	14.99
18	19	0.69	0.0007	38.4	642.007	639.049	150	2.0	0.0508	0.106	0.34	655.93	655.83	13.93	16.78	14.99	17.95
19	20	0.69	0.0007	57.5	639.049	636.432	150	2.0	0.0508	0.159	0.34	655.83	655.67	16.78	19.24	17.95	20.57
20	21	0.69	0.0007	58	636.432	635.568	150	2.0	0.0508	0.160	0.34	655.67	655.51	19.24	19.94	20.57	21.43
21	22	0.69	0.0007	34.2	635.568	633.079	150	2.0	0.0508	0.094	0.34	655.51	655.41	19.94	22.34	21.43	23.92
22	23	0.69	0.0007	25.4	633.079	633.785	150	2.0	0.0508	0.070	0.34	655.41	655.34	22.34	21.56	23.92	23.22
23	24	0.69	0.0007	39.1	633.785	632.057	150	2.0	0.0508	0.108	0.34	655.34	655.24	21.56	23.18	23.22	24.94
24	25	0.69	0.0007	35	632.057	630.814	150	2.0	0.0508	0.097	0.34	655.24	655.14	23.18	24.33	24.94	26.19
25	26	0.69	0.0007	49.2	630.814	629.888	150	2.0	0.0508	0.136	0.34	655.14	655.00	24.33	25.12	26.19	27.11
26	27	0.69	0.0007	49.3	629.888	628.591	150	2.0	0.0508	0.136	0.34	655.00	654.87	25.12	26.28	27.11	28.41
27	28	0.69	0.0007	31.9	628.591	626.976	150	2.0	0.0508	0.088	0.34	654.87	654.78	26.28	27.80	28.41	30.02
28	29	0.69	0.0007	80.9	626.976	630.114	150	2.0	0.0508	0.223	0.34	654.78	654.56	27.80	24.44	30.02	26.89
29	30	0.69	0.0007	80.9	630.114	633.251	150	2.0	0.0508	0.223	0.34	654.56	654.33	24.44	21.08	26.89	20.33
30	31	0.69	0.0007	47.6	633.251	631.894	150	2.0	0.0508	0.131	0.34	654.56	654.42	21.31	22.53	26.89	25.11
31	32	0.69	0.0007	47.6	631.894	630.536	150	2.0	0.0508	0.131	0.34	654.42	654.29	22.53	23.76	25.11	26.46
32	33	0.69	0.0007	23.6	630.536	629.438	150	2.0	0.0508	0.065	0.34	654.29	654.23	23.76	24.79	26.46	27.56
33	34	0.69	0.0007	30.1	629.438	629.979	150	2.0	0.0508	0.083	0.34	654.23	654.15	24.79	24.17	27.56	27.02
34	35	0.69	0.0007	47.6	629.979	627.67	150	2.0	0.0508	0.132	0.34	654.15	654.01	24.17	26.34	27.02	29.33
35	36	0.69	0.0007	30.7	627.67	627	150	2.0	0.0508	0.085	0.34	654.01	653.93	26.34	26.93	29.33	30.00
36	37	0.69	0.0007	30.7	627	626.2	150	2.0	0.0508	0.085	0.34	653.93	653.84	26.93	27.64	30.00	27.38
37	38	0.69	0.0007	18.7	626.2	625.5	150	2.0	0.0508	0.052	0.34	653.84	653.79	27.64	28.29	27.38	26.99
38	39	0.69	0.0007	37.4	625.5	627.1	150	2.0	0.0508	0.103	0.34	653.79	653.69	28.29	26.59	26.99	25.47
39	40	0.69	0.0007	54.1	627.1	626.3	150	2.0	0.0508	0.149	0.34	653.69	653.54	26.59	27.24	25.47	23.71
40	41	0.69	0.0007	20.2	626.3	625.136	150	2.0	0.0508	0.056	0.34	653.54	653.48	27.24	28.35	23.71	24.36
41	42	0.69	0.0007	20.2	625.136	623.63	150	2.0	0.0508	0.056	0.34	653.48	653.43	28.35	29.80	24.36	25.10
42	43	0.69	0.0007	31	623.63	623.255	150	2.0	0.0508	0.086	0.34	653.43	653.34	29.80	30.09	25.10	23.08
43	44	0.69	0.0007	21.7	623.255	623.868	150	2.0	0.0508	0.060	0.34	653.34	653.28	30.09	29.41	23.08	19.91

Presiones en la línea de distribución																	
44	45	0.69	0.0007	36.6	623.868	624.058	150	2.0	0.0508	0.101	0.34	653.28	653.18	29.41	29.12	19.91	17.95
45	46	0.69	0.0007	29.5	624.058	623.28	150	2.0	0.0508	0.081	0.34	653.18	653.10	29.12	29.82	17.95	15.77
46	47	0.69	0.0007	17	623.28	622	150	2.0	0.0508	0.047	0.34	653.10	653.05	29.82	31.05	15.77	14.43
47	48	0.69	0.0007	42	622	623	150	2.0	0.0508	0.116	0.34	653.05	652.94	31.05	29.94	14.43	12.57
48	49	0.69	0.0007	135	623	624.877	150	2.0	0.0508	0.374	0.34	652.94	652.56	29.94	27.69	12.57	8.20
49	50	0.69	0.0007	34.6	624.877	625.467	150	2.0	0.0508	0.095	0.34	652.56	652.47	27.69	27.00	8.20	8.32
50	51	0.69	0.0007	33.2	625.467	627	150	2.0	0.0508	0.092	0.34	652.47	652.38	27.00	25.38	8.32	5.06
51	52	0.69	0.0007	8.78	627	626	150	2.0	0.0508	0.024	0.34	652.38	652.35	25.38	26.35	5.06	4.81
52	53	0.69	0.0007	25	626	627.72	150	2.0	0.0508	0.069	0.34	652.35	652.28	26.35	24.56	4.81	2.17

(Fuente propia).

Según el análisis matemático, de acuerdo con la fórmula de Hazen Willians para el cálculo de presiones, se puede constatar que todas las presiones se encuentran por debajo de lo máximo permitido.

## **4.12 Accesorios**

Se colocarán accesorios tales como codos 45° en los cambios bruscos de dirección, válvulas de aire y válvulas de limpieza de sedimento para garantizar el buen funcionamiento del sistema de conducción.

Sistema de tratamiento (clorador en línea)

El clorador en línea será ubicado en el nodo 7, antes de llegar al tanque de almacenamiento, el cual deberá tener la capacidad de purificar y reducir las pequeñas cantidades de coliformes.

Para su instalación no se requiere personal calificado, herramientas sofisticadas, energía eléctrica o sustancias químicas y trabaja por gravedad.

## **4.13 Tanque de almacenamiento**

Las normas NTON09001-99 en el capítulo referente al almacenamiento indican que el tanque de almacenamiento debe estimarse en un 35% del consumo promedio diario (15% destinado a compensar las variaciones horarias del consumo y 20% de reserva para atender eventualidades en caso de emergencias como son reparaciones en Obra de toma o captación).

Para establecer las dimensiones del tanque se calculó el 35% del consumo promedio diario, el cual corresponde a 13.05 m<sup>3</sup>, correspondientes a los 20 años del periodo se diseñó.

### **4.14.1 Dimensiones del tanque:**

Largo=Ancho= 2.7 m (interior) – 3m (exterior)

Altura= 1.80m

Rebose= 0.20m

Altura total= 2.00m

Vol. que almacena= 13.122m (Volumen sobre el valor de agua que se va a almacenar)

#### **4.15 Red de distribución**

La red de distribución estará conformada con tubería PVC SDR-26, con una longitud de 1838.24 metros con diámetro de 50 mm.

#### **4.16 Presiones máximas y mínimas**

El análisis hidráulico de la red de distribución se realizó en el software de análisis y simulación hidráulica EPANET, bajo las condiciones de consumo máximo horario (CMH) y consumo de máximo día (CMD) en la red, para verificar que las presiones y las velocidades se mantengan dentro del rango permitido y obteniendo los siguientes resultados.

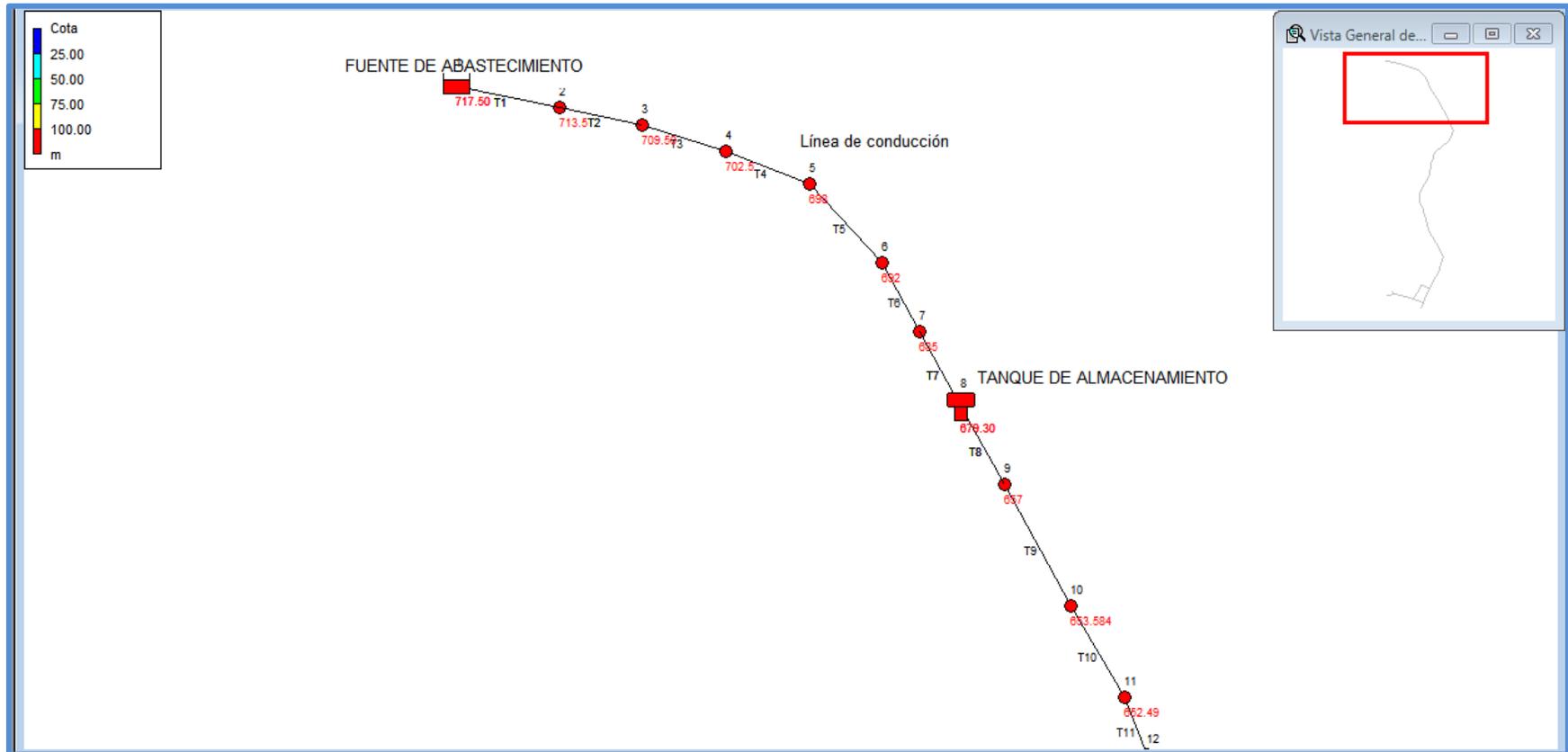
#### **4.17 Velocidades**

El caudal de diseño es de 0.647 lps al final del periodo de diseño, el diámetro seleccionado de 2" o 50 mm, por la cual resulta una velocidad de 0.26 m/s, esta velocidad se conserva constante en toda la línea de conducción.

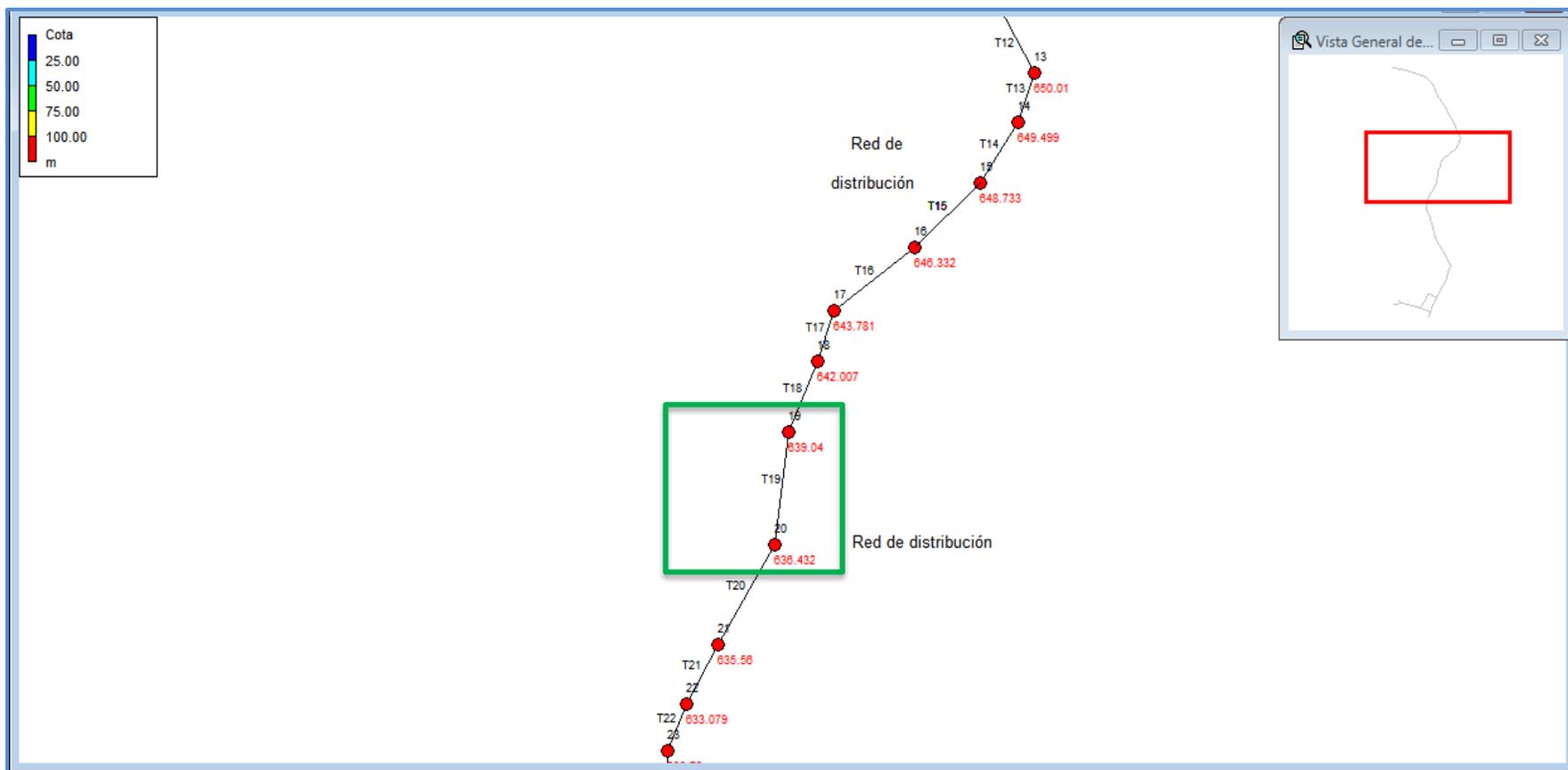
#### **4.18 Análisis con consumo máximo hora en la red**

El nodo con la menor presión calculada en la red es el primero después de la fuente, el cual tiene una cota topográfica de 713.5 y la presión es de 3.86 m según el análisis realizado.

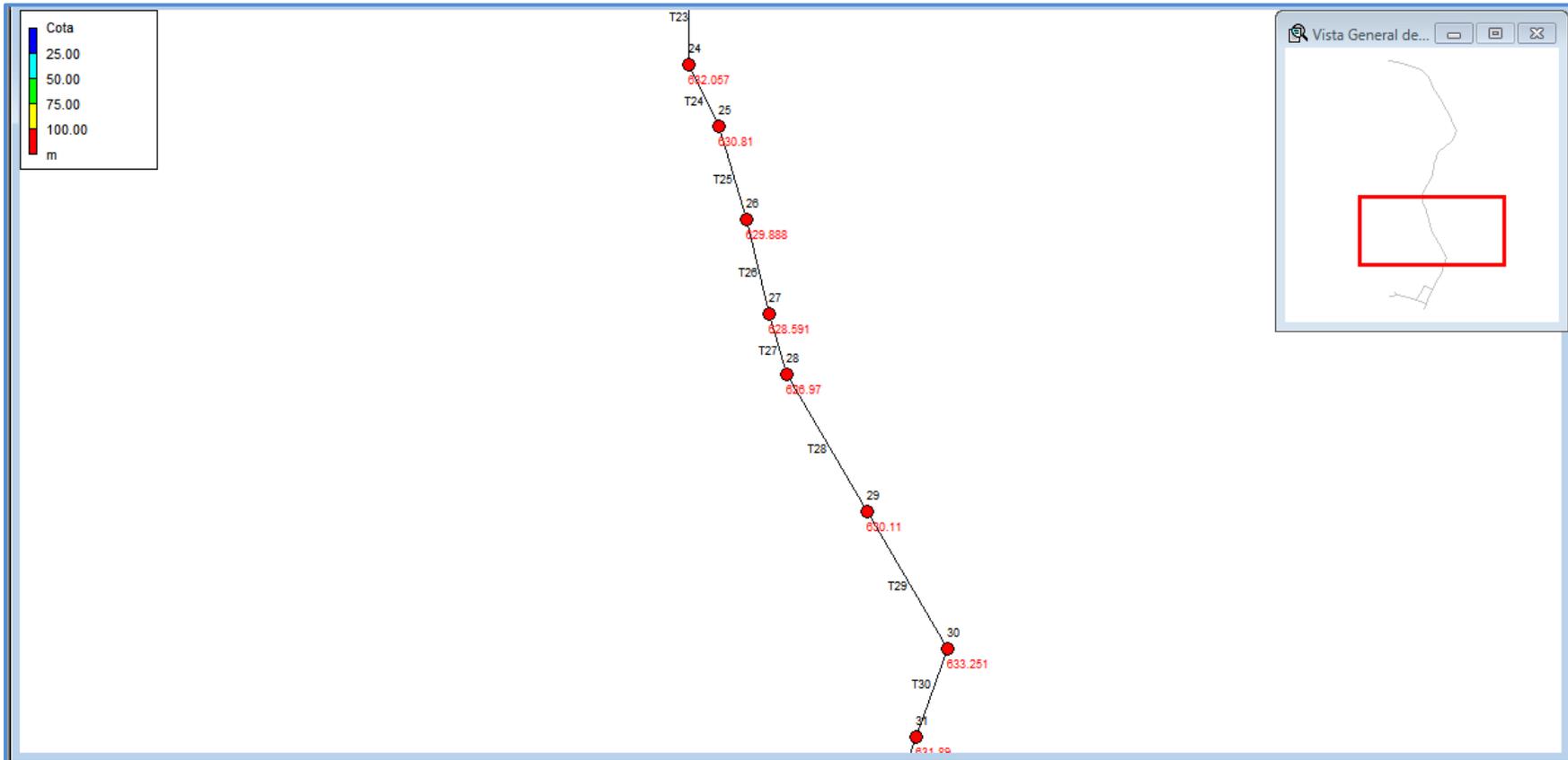
El nodo con la mayor presión calculada en la red es el nodo 42, con una cota topográfica de 623.62 y la presión es de 49.96m.



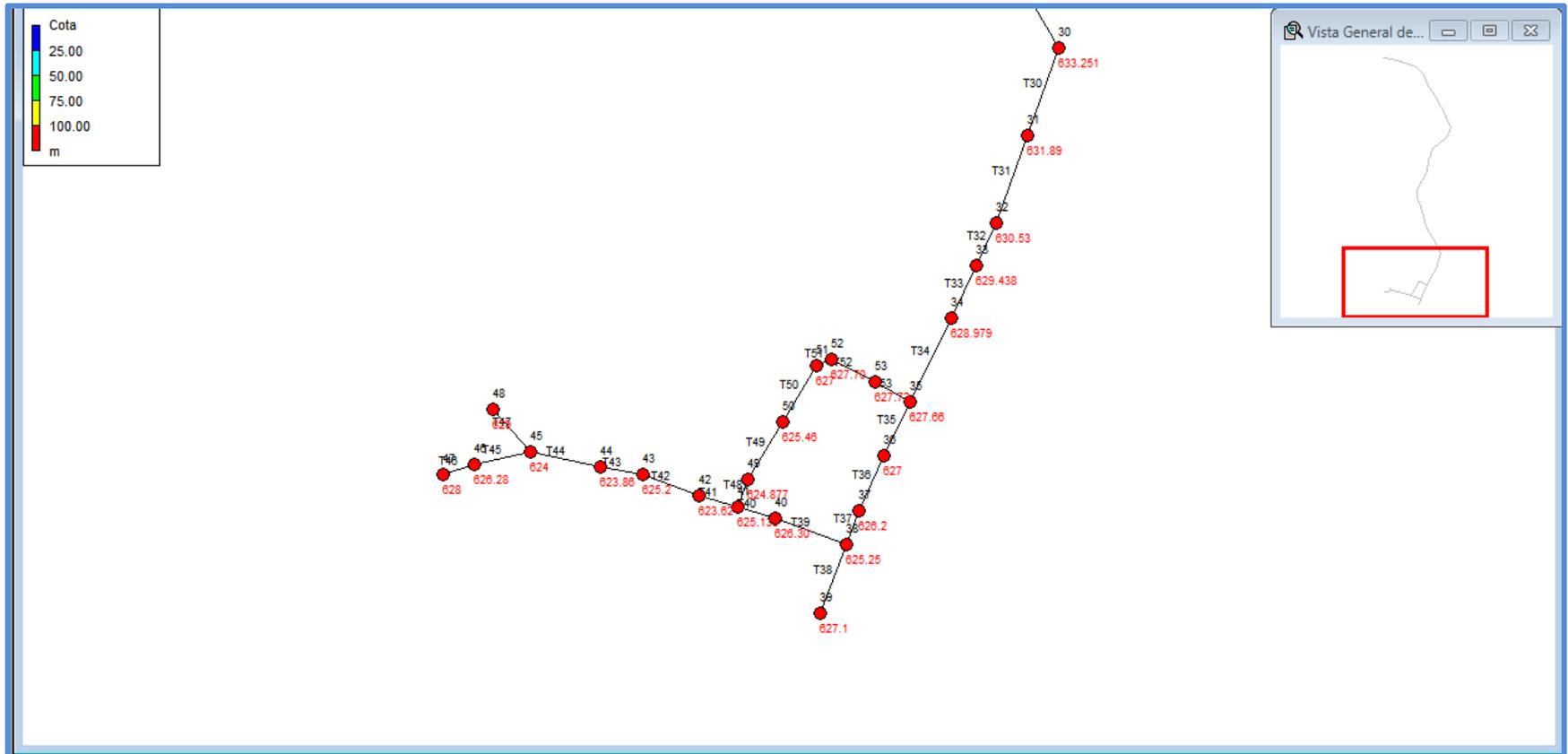
Red de conducción hasta el nodo número ocho, en donde se encuentra el tanque de almacenamiento. Posteriormente continua la red de distribución.



Continuación de la línea de distribución. En el recuadro verde, se encuentra un barranco, que en un tiempo fue quebrada; entre ambos nodos (tramo 19), se ubica un cruce aéreo con una distancia de 57.46 metros. (Detalles en planos).



Red de distribución, en donde ya se encuentra demanda de flujo, en esa sección se encuentra entrada del caserío de la comunidad de El Lagartillo.



Red de distribución, con sus respectivas elevaciones, número de nodos, podemos identificar la red

#### **4.19 Nivel de servicio**

El nivel de servicio será por medio de conexiones domiciliarias que serán instaladas hasta el límite de la propiedad, de las cuales se propone instalar unas 56 tomas.

#### **4.20 Costo del proyecto**

El costo aproximado de inversión para la ejecución del proyecto de agua potable para la comunidad El Lagartillo, municipio de Achuapa del departamento de León, es de C\$ 825,599.94 córdobas. Ver anexo

**CONCLUSIONES**  
**Y**  
**RECOMENDACIONES**

## Conclusiones

- La comunidad El Lagartillo cuenta con una población actual de 245 habitantes (año 2018) y para el final del periodo de diseño (año 2038) la población se estimó de 484 personas para un consumo promedio diario de 18,874.80 lppd y 37,267.64 lppd respectivamente.
- El potencial hídrico de la fuente seleccionada (río arriba) proporciona las cantidades de agua necesarias para ser aprovechada para implementar el sistema de abastecimiento de agua por gravedad propuesto al final del periodo de diseño.
- Con los datos topográficos se ha diseñado un sistema adecuado para la comunidad El Lagartillo, se ha seleccionado un sistema de agua potable (MAG), que con los análisis realizados a la comunidad es el más idóneo.
- El sistema de agua potable recomendado funcionará con solo la fuerza de gravedad, de tal manera que requiere únicamente el mínimo mantenimiento y el más apropiado para un caserío rural.
- El monto total de la obra asciende a C\$ 825,599.94 córdobas, equivalentes a \$ 25,325.15 dólares americanos (cambio 1 dólar= 32.60, diciembre, año 2018).

## Recomendaciones

- El suministro de agua potable se recomienda que sea por medio de un mini acueducto por gravedad, con un nivel de servicio de conexiones domiciliarias, ya que, desde un punto de vista social, hay mayor disposición de pagar por el servicio y la disponibilidad de participar en las actividades
- Organizar un programa de capacitación en Educación Sanitaria durante el periodo de ejecución del proyecto.
- Se debe orientar a cada familia que será responsable de arborizar su propio terreno.
- Promover la reforestación en la rivera de la fuente para conservar el agua que abastece al sistema
- Realizar jornada de arborización en conjunto con el MARENA para fortalecer la flora de la comunidad y se puedan preservar las fuentes de agua existentes en la zona.

## BIBLIOGRAFÍA

Cualla, R. A. (1999). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Instituto Nicaragüense de Acueducto y Alcantarillado, Ente Regulador. (s.f.). *Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua (NTON 09 003-99)*.

Pittman, R. A. (1997). *Agua Potable para poblaciones rurales*. Lima: SER.

Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, P. y. (1993). *Normas de Calidad del Agua para consumo Humano*. San José Costa Rica.

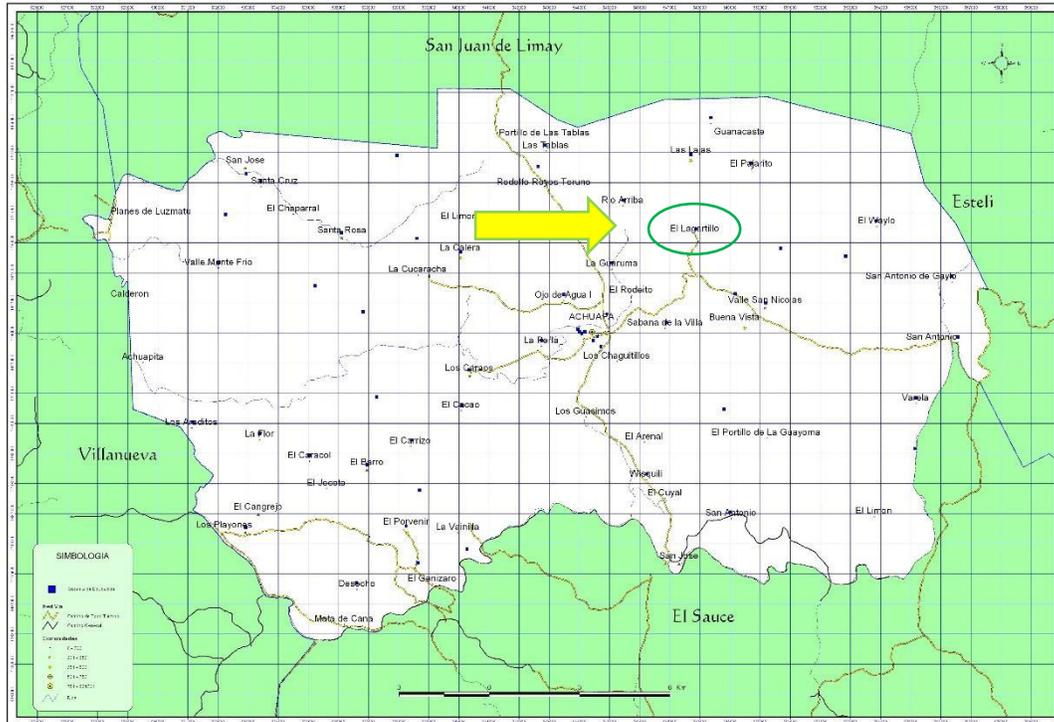
Mott, R. L. (2006). *Mecánica de Fluidos*. México: PEARSON.

Guía Protocolo UNI

# ANEXOS

## Anexo 1: Macro localización y micro localización

### 1.1 Macro localización: Municipio de Achupapa, departamento de León.



Tiene una extensión territorial de 416 Km<sup>2</sup>, limita al norte con el municipio de San Juan de Limay, al sur con el municipio de El Sauce, al este con el departamento de Estelí y al oeste con Villanueva, municipio de Chinandega.



### 1.2 Micro localización: Comunidad El Lagartillo, municipio de Achupapa.

Fuente: Captura de Google Earth

El Lagartillo se encuentra a 8 kilómetros al noreste de la cabecera municipal de Achupapa, departamento de León.

## Anexo 2: Dotación de agua, periodo de diseño y coeficiente de rugosidad.

### 2.1 Tabla Dotación de agua potable

Rango de población		Dotación	
		gl/hab/día	l/hab/día
0-	5.000	20	75
5.000-	10.000	25	95
10.000-	15.000	30	113
15.000-	20.000	35	132
20.000-	30.000	40	151
30.000-	50.000	45	170
50.000	100.000 y más	50	189

Fuente: NTON 09001-99

### 2.2 Periodo de diseño

Tipo de componente	Periodo de diseño
Pozos perforados	15 años
Líneas de conducción	15 años
Tanque de almacenamiento	20 años
Red de distribución	15 años

Fuente: NTON-09001-99

### 2.3 Coeficiente de Rugosidad

Material del conducto	Coeficiente de Rugosidad (C)
Tuvo de Hierro Galvanizado (H°.G°)	100
Tuvo de Hierro Fundido (H°.F°)	130
Tuvo Plástico (PVC)	150

Fuente: NTON-09001-99

**Anexo 3:** Parámetros bacteriológicos, organolépticos, fisicoquímicos, sustancias no deseadas y sustancias inorgánicas.

### 3.1 Tabla Parámetros bacteriológicos

Origen	Parámetros (b)	Valor recomendado	Valor máx.. Admisible	Observaciones
Todo tipo de Agua de bebida	Coliforme fecal	Negativo	Negativo	
Agua que entra al sistema de Distribución	Coliforme fecal	Negativo	Negativo	
	Coliforme total	Negativo	≤ 4	En muestras consecutivas.
Agua en el sistema de distribución detectado	Coliforme total	Negativo	≤ 4	En muestras puntuales. No debe de ser.
		Negativo	Negativo	En el 95% de las muestras anuales (c)

Fuente: NTON 09001-99

### 3.2 Parámetros Organolépticos

Parámetros	Unidad	Valor recomendado	Valor max. Admisible
Color verdadero	mg/L (Pt-Co)	1	15
Turbiedad	UNT	1	5

Fuente: NTON 09001-99

### 3.3 Parámetros Físicos-Químicos

Parámetros	Unidad	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Cloruros	mg/l	25	250
Conductividad	Us/cm	400	
Dureza	mg/l CaCO <sub>3</sub>	400	
Sulfatos	mg/l	25	250
Calcio	mg/l CaCO <sub>3</sub>	100	
Sodio	mg/l	25	200
Potasio	mg/l		10
Sol.Tot. Disueltos	mg/l		1000
Magnesio	mg/l CaCO <sub>3</sub>	30	50

Fuente: NTON 09001-99

### 3.4 Parámetros para sustancias no deseadas

Parámetros	Unidad	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Nitrato-NO <sup>-1</sup> <sub>3</sub>	mg/l	25	45
Nitroso-NO <sup>-1</sup> <sub>2</sub>	mg/l	0.1	1
Amonio	mg/l	0.05	0.5
Hierro	mg/l		0.3
Fluoruro	mg/l		0.7-1.5

Fuente: NTON 09001-99

### 3.5 Parámetros para sustancias inorgánicas de significado para la salud

Parámetros	Unidad	Valor Máx. Admisible
Arsénico	mg/l	0.01

Fuente: NTON 09001-99

## Anexo 4: Certificados de análisis

### 4.1 Análisis Físicoquímico



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS NACIONALES  
Y SERVICIOS DEL AMBIENTE  
**CERTIFICADO DE ANALISIS**



LA-AAR-0082

EMPRESA / PROYECTO / CONSULTOR Alcaldía de Achuapa			DIRECCIÓN: Achuapa, León		TELÉFONO 2310-2148
ATENCIÓN: Ervin Cerros	CARGO Resp. Proyecto	E-mail <a href="mailto:ervincerroslopez@yahoo.es">ervincerroslopez@yahoo.es</a>			TELÉFONO NR
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANÁLISIS	NÚMERO DE CADENA DE CUSTODIA	NÚMERO DE MUESTRAS
INGRESO: 21/11/2017	INICIO DE ANÁLISIS: 21/11/2017	FINAL DE ANÁLISIS: 02/12/2017	02/12/2017	2626	seis (6)
TIPO DE MUESTRA Agua Superficial				SUPERVISOR DE MUESTREO EN CAMPO NR	

Fecha de Muestreo			21/11/2017		<b>RANGO O VALOR MÁXIMO PERMISIBLE O RECOMENDADO --- Norma CAPRE</b>
Muestreado por			PIENSA-UNI		
Codificación Cliente			NR		
Observaciones de Ubicación			Escuela El Lagartillo 250m al este		
Codificación PIENSA			LA-1811-0951		
<b>METODO SM</b>	<b>PARAMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR DE CONCENTRACION</b>		
			<b>Punto de muestreo</b>		
Visual	Aspecto	NE	Claro		NE
2350-B	Temperatura	°C	24.90		18 - 30**
4500-B	Potencial de Hidrógeno*	pH	6.68		6.5 - 8.55**
2510-B	Conductividad Eléctrica	µS/cm	257.00		400**
2130-B	Turbiedad	NTU	0.112		5
2120-C	Color verdadero	UC	<1.00		15
2320-B	Alcalinidad	mg/l	133.40		NE
2320-B	Carbonatos	mg/l	<0.10		NE
2320-B	Bicarbonatos	mg/l	133.40		NE
4500-B	Nitratos	mg/l	0.47		50
4500-B	Nitritos	mg/l	<0.009		0.1
4500-D	Cloruros	mg/l	4.17		250
3500-B	Hierro total	ml/lh	0.06		0.3
4500-D	Sulfatos	mg/l	<1.00		250
2340-C	Dureza total	mg/l	99.84		400**
3500-B	Calcio	mg/l	32.48		100**
3500-B	Magnesio	mg/l	4.57		50
3500-B	Manganeso	mg/l	<0.02		0.5
3500-X	Sodio	mg/l	10.00		200
3500-C	Potasio	mg/l	2.56		10
4500-C	Fluor	mg/l	0.25		0.7
4500-C	Silice	mg/l	20.60		NE

**LEYENDA CERTIFICADO DE ANALISIS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. < = menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE = No especificada por la Norma  
NR = No Reporta . 1 µg ≅ 0.001 mg, 1 µS = 1 µΩ ND = No Detectado

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el CLIENTE

Autorizado por:

### 4.2 Análisis microbiológico

LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS				LA-MB-1611-0180	
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN		TELÉFONO	
Alcaldía de Achuapa		Achuapa, León		2310-2146	
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR	
Ervin Cerros López		Responsable de Proyecto	<a href="mailto:ervincerroslopez@yahoo.es">ervincerroslopez@yahoo.es</a>	8405-7443	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANÁLISIS	CADENA CUSTODIA
INGRESO	INICIO DE ANÁLISIS	FINAL DE ANÁLISIS			NUMERO DE MUESTRAS
21/11/2016	21/11/2016	25/11/2016	25/11/2016	2626	Seis(6)
Fecha y Hora de Muestreo			21/11/2016 10:40am		
Muestreado por			Ing. Lidia Gómez - Lic. María Brenes / Tec. PIENSA-UNI		
Supervisor de Muestreo en Campo			Ing. Esli Dolmus Mendoza		
Fuente			MAG Las Brisas, Propiedad Santos Calderón		
Tipo de muestra			Agua Superficial		
Observaciones de Ubicación			Escuela El Lagartillo 2.5 km al Este		
Coordenadas			X: 549490; Y: 1446636		
Codificación PIENSA			LA-1611-0950		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION	Norma CAPRE*	
			PUNTO DE MUESTREO 1		
9221B	Coliforme total	NMP/100ml	1.3*10	Neg	
9221E	Coliforme fecal	NMP/100ml	Neg.	Neg	
9221F	E. coli	NMP/100ml	Neg.	Neg	

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.  
<: menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro. NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta, Neg= Negativo  
Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency

CERTIFICADO DE ENSAYOS				MP1611-0130	
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN		TELÉFONO	
Alcaldía de Achuapa		Achuapa, León		2310-2146	
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR	
Ing. Ervin Cerros		Responsable de Proyecto	<a href="mailto:ervincerroslopez@yahoo.es">ervincerroslopez@yahoo.es</a>	8405-7443	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANÁLISIS	CADENA CUSTODIA
INGRESO	INICIO DE ANÁLISIS	FINAL DE ANÁLISIS			NUMERO DE MUESTRAS
21/11/2016	22/11/2016	22/11/2016	23/11/2016	2626	Seis (6)
Fecha y Hora de Muestreo			21/11/2016 ; 10:40 am		
Muestreado por			Ing. Lidia Gómez / Lic. María Brenes		
Supervisor de Muestreo en Campo			Ing. Esli Dolmus Mendoza		
Fuente			MAG Las Brisas, Propiedad Santos Calderón		
Tipo de muestra			Agua Superficial		
Observaciones de Ubicación			Escuela El Lagartillo 2.5 km al Este.		
Coordenadas			X:549490; Y:1446636		
Codificación PIENSA			LA -1611-0950		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION	Norma CAPRE*	
			PUNTO DE MUESTREO 1		
G.H	Arsénico	mg/l	<0.001	0.01	
3500-B	Cromo Total	mg/l	<0.01	0.05	
3500-B	Zinc	mg/l	<0.10	3.00	

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.  
<: menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro. NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta, ND=No Detectado  
Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency

\* Norma regional de calidad del agua para consumo humano

G.H: Generador de Hidruros, Utilizando ARSENATOR

## Anexo 5: Resultados en EPANET

### 5.1 Tablas de informe de presión en nodos de la red.

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad	ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
Conexión 10	0.00	680.45	26.87	0.00	Conexión 34	0.14	674.52	45.54	0.00
Conexión 11	0.00	680.13	27.64	0.00	Conexión 35	0.07	674.38	46.72	0.00
Conexión 12	0.00	679.95	27.38	0.00	Conexión 53	0.05	674.06	46.34	0.00
Conexión 13	0.00	679.71	29.70	0.00	Conexión 50	0.02	673.56	48.10	0.00
Conexión 14	0.00	679.55	30.05	0.00	Conexión 49	0.02	673.38	48.51	0.00
Conexión 15	0.00	679.34	30.60	0.00	Conexión 41	0.00	673.33	48.20	0.00
Conexión 16	0.00	679.07	32.73	0.00	Conexión 42	0.00	673.23	49.61	0.00
Conexión 17	0.00	678.76	34.98	0.00	Conexión 43	0.00	673.07	49.82	0.00
Conexión 18	0.00	678.60	36.60	0.00	Conexión 44	0.00	672.95	49.09	0.00
Conexión 19	0.00	678.38	39.34	0.00	Conexión 38	0.07	673.35	48.10	0.00
Conexión 20	0.00	678.04	41.61	0.00	Conexión 37	0.05	673.52	47.32	0.00
Conexión 21	0.00	677.70	42.14	0.00	Conexión 36	0.07	673.58	46.58	0.00
Conexión 22	0.00	677.50	44.42	0.00	Conexión 40	0.00	673.34	47.04	0.00
Conexión 23	0.00	677.35	43.57	0.00	Conexión 51	0.02	673.80	46.80	0.00
Conexión 24	0.00	677.12	45.07	0.00	Conexión 47	0.05	672.74	50.74	0.00
Conexión 25	0.00	676.92	46.11	0.00	Conexión 46	0.00	672.75	46.47	0.00
Conexión 26	0.00	676.63	46.74	0.00	Conexión 45	0.05	672.76	48.76	0.00
Conexión 27	0.00	676.34	47.75	0.00	Conexión 48	0.02	672.75	49.75	0.00
Conexión 28	0.00	676.16	49.19	0.00	Conexión 7	0.54	716.77	31.77	0.00
Conexión 29	0.00	675.68	45.57	0.00	Conexión 9	0.00	680.86	23.86	0.00
Conexión 30	0.07	675.21	41.96	0.00	Conexión 52	0.00	673.82	46.12	0.00
Conexión 31	0.02	674.97	43.08	0.00	Conexión 6	0.00	716.87	24.87	0.00
Conexión 32	0.02	674.75	44.22	0.00	Conexión 5	0.00	717.01	19.01	0.00
Conexión 33	0.00	674.65	45.21	0.00	Conexión 4	0.00	717.13	14.63	0.00

Conexión 3	0.00	717.25	7.75	0.00
Conexión 2	0.00	717.36	3.86	0.00
Conexión 39	0.07	673.34	46.24	0.00
Embalse 1	-0.54	717.50	0.00	0.00
Depósito 8	-0.84	681.15	1.85	0.00

## 5.2 Tablas de informe de velocidad en los tramos de la red.

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de Fricción	Veloc. de Reacción m/s/d	Calidad	Estado
Tubería T10	0.84	0.43	5.85	0.032	0.00	0.00	Abierto
Tubería T12	0.84	0.43	5.85	0.032	0.00	0.00	Abierto
Tubería T11	0.84	0.43	5.85	0.032	0.00	0.00	Abierto
Tubería T13	0.84	0.43	5.85	0.032	0.00	0.00	Abierto
Tubería T14	0.84	0.43	5.85	0.032	0.00	0.00	Abierto
Tubería T15	0.84	0.43	5.85	0.032	0.00	0.00	Abierto
Tubería T16	0.84	0.43	5.85	0.032	0.00	0.00	Abierto
Tubería T17	0.84	0.43	5.85	0.032	0.00	0.00	Abierto
Tubería T18	0.84	0.43	5.85	0.032	0.00	0.00	Abierto
Tubería T19	0.84	0.43	5.85	0.032	0.00	0.00	Abierto
Tubería T20	0.84	0.43	5.85	0.032	0.00	0.00	Abierto
Tubería T21	0.84	0.43	5.85	0.032	0.00	0.00	Abierto
Tubería T22	0.84	0.43	5.85	0.032	0.00	0.00	Abierto
Tubería T23	0.84	0.43	5.85	0.032	0.00	0.00	Abierto
Tubería T24	0.84	0.43	5.85	0.032	0.00	0.00	Abierto
Tubería T25	0.84	0.43	5.85	0.032	0.00	0.00	Abierto
Tubería T26	0.84	0.43	5.85	0.032	0.00	0.00	Abierto
Tubería T27	0.84	0.43	5.85	0.032	0.00	0.00	Abierto
Tubería T29	0.84	0.43	5.85	0.032	0.00	0.00	Abierto
Tubería T31	0.74	0.38	4.67	0.032	0.00	0.00	Abierto
Tubería T32	0.72	0.36	4.39	0.032	0.00	0.00	Abierto
Tubería T33	0.72	0.36	4.39	0.032	0.00	0.00	Abierto
Tubería T34	0.57	0.29	2.91	0.034	0.00	0.00	Abierto
Tubería T53	0.22	0.44	15.50	0.039	0.00	0.00	Abierto

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de Fricción	Veloc. de Reacción m/s/d	Calidad	Estado
Tubería T49	0.12	0.25	5.05	0.041	0.00	0.00	Abierto
Tubería T48	0.10	0.20	3.42	0.043	0.00	0.00	Abierto
Tubería T41	0.12	0.24	5.19	0.043	0.00	0.00	Abierto
Tubería T42	0.12	0.24	5.20	0.043	0.00	0.00	Abierto
Tubería T43	0.12	0.24	5.20	0.043	0.00	0.00	Abierto
Tubería T9	0.84	0.43	5.85	0.032	0.00	0.00	Abierto
Tubería T52	0.17	0.34	9.78	0.041	0.00	0.00	Abierto
Tubería T38	0.07	0.06	0.16	0.029	0.00	0.00	Abierto
Tubería T1	0.54	0.27	2.58	0.034	0.00	0.00	Abierto
Tubería T7	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	Cerrado
Tubería T8	0.84	0.43	5.85	0.032	0.00	0.00	Abierto
Tubería T44	0.12	0.24	5.20	0.043	0.00	0.00	Abierto
Tubería T47	0.02	0.05	0.26	0.054	0.00	0.00	Abierto
Tubería T30	0.76	0.39	4.95	0.032	0.00	0.00	Abierto
Tubería T37	0.17	0.34	9.44	0.041	0.00	0.00	Abierto
Tubería T50	0.14	0.29	7.39	0.042	0.00	0.00	Abierto
Tubería T51	0.17	0.15	1.24	0.042	0.00	0.00	Abierto
Tubería T39	0.02	0.05	0.23	0.054	0.00	0.00	Abierto
Tubería T40	0.02	0.05	0.23	0.055	0.00	0.00	Abierto
Tubería T45	0.05	0.10	0.57	0.029	0.00	0.00	Abierto
Tubería T46	0.05	0.10	0.57	0.030	0.00	0.00	Abierto
Tubería T35	0.28	0.58	25.91	0.038	0.00	0.00	Abierto
Tubería T36	0.21	0.19	1.87	0.039	0.00	0.00	Abierto
Tubería T2	0.54	0.27	2.58	0.034	0.00	0.00	Abierto
Tubería T3	0.54	0.27	2.58	0.034	0.00	0.00	Abierto
Tubería T4	0.54	0.27	2.58	0.034	0.00	0.00	Abierto
Tubería T5	0.54	0.27	2.58	0.034	0.00	0.00	Abierto
Tubería T6	0.54	0.27	2.58	0.034	0.00	0.00	Abierto
Tubería T28	0.84	0.43	5.85	0.032	0.00	0.00	Abierto

## **Anexo 6**

### **6.1 Planos constructivos**